COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1869.

PRÉSIDENCE DE M. CLAUDE BERNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Remarques sur un Mémoire de* M. van de Sande Bakhuyzen, *et sur les erreurs systématiques des déclinaisons des étoiles fondamentales; par* **M. Faye** (1).

« J'ai présenté à l'Académie, il y a une vingtaine d'années (2), quelques parties d'un Mémoire sur l'origine des erreurs systématiques qui affectaient alors et qui affectent encore aujourd'hui les déclinaisons des étoiles fondamentales. Parmi les diverses causes que j'ai étudiées, j'ai insisté en particulier sur les réfractions occasionnées par la disposition particulière à l'atmosphère de nos salles d'observation où la température est tantôt supérieure, tantôt inférieure à celle du dehors, selon l'heure du jour et la saison. Depuis cette époque, les observations de Greenwich, faites avec un puissant instrument méridien et d'après un plan fidèlement suivi, se sont accumulées. La richesse de ces matériaux a engagé un savant professeur hollandais, M. van de Sande Bakhuyzen, à y chercher la vérification

(1) L'Académie a décidé que cette communication, bien que dépassant en étendue les limites réglementaires, serait insérée en entier au *Compte rendu*.

(2) *Comptes rendus*, t. XXI, p. 401, 635, 737.

de mes aperçus. L'auteur est arrivé ainsi à mettre en pleine évidence, dans ces belles observations, des anomalies régulières imputables à la cause que je viens de rappeler, et son Mémoire a précisément pour but de déterminer la forme de cette surface terminale à l'action réfringente de laquelle j'attribuais en grande partie ces discordances systématiques.

» Je vais d'abord exposer ces faits curieux à l'Académie, puis j'essayerai de les interpréter moi-même. M. Bakhuyzen a pris dans les quatorze années d'observation de Greenwich, de 1851 à 1864, les distances polaires de α Petite Ourse pour lesquelles l'excès de la température externe sur la température interne a été positif; puis celles pour lesquelles cet excès a été négatif. Il a fait exactement le même travail pour les deux culminations supérieures et inférieures (1), et a formé ainsi le tableau suivant, d'où il a exclu avec soin les observations par réflexion :

Culmination supérieure.

Année.	Distance polaire.	Excès $t-\theta$.	Nombre des observ.	Distance polaire.	Excès $t-\theta$.	Nombre des observ.	Différence des dist. pol.	Différence des excès de tempér.
	° ′ ″	°		° ′ ″	°		″	°
1851...	1.29. 5,60	+ 3,7	12	1.29. 5,33	— 2,9	43	+ 0,27	+ 6,6
1852...	1.28.46,72	+ 3,6	20	1.28.45,90	— 2,9	45	+ 0,82	+ 6,5
1853...	1.28.27,32	+ 3,0	8	1.28.26,58	— 3,3	43	+ 0,74	+ 6,3
1854...	1.28. 7,57	+ 2,5	23	1.28. 7,34	— 3,8	63	+ 0,23	+ 6,3
1855...	1.27.49,48	+ 2,6	14	1.27.48,42	— 3,6	48	+ 1,06	+ 6,2
1856...	1.27.29,90	+ 2,8	21	1.27.29,38	— 3,2	50	+ 0,52	+ 6,0
1857...	1.27.11,15	+ 3,9	25	1.27.10,43	— 3,5	65	+ 0,72	+ 7,4
1858...	1.26.51,99	+ 3,9	33	1.26.51,38	— 4,1	91	+ 0,61	+ 8,0
1859...	1.26.32,55	+ 1,7	17	1.26.32,21	— 4,3	85	+ 0,34	+ 6,0
1860...	1.26.13,45	+ 3,0	11	1.26.12,84	— 3,7	53	+ 0,61	+ 6,7
1861...	1.25.53,59	+ 2,5	23	1.25.53,70	— 3,2	63	— 0,11	+ 5,7
1862...	1.25.34,87	+ 2,1	8	1.25.34,64	— 3,4	39	+ 0,23	+ 5,5
1863...	1.25.15,79	+ 2,2	19	1.25.15,47	— 3,3	38	+ 0,32	+ 5,5
1864...	1.24.56,48	+ 2,2	21	1.24.55,89	— 3,3	38	+ 0,59	+ 5,5

Culmination inférieure.

Année.	Distance polaire.	Excès $t-\theta$.	Nombre des observ.	Distance polaire.	Excès $t-\theta$.	Nombre des observ.	Différence des dist. pol.	Différence des excès de tempér.
1851...	1.29. 5,86	+ 2,4	16	1.29. 6,31	— 3,2	58	— 0,45	+ 5,6
1852...	1.28.46,42	+ 2,5	20	1.28.47,08	— 3,3	55	— 0,66	+ 5,8
1853...	1.28.27,22	+ 2,5	19	1.28.27,90	— 3,3	36	— 0,68	+ 5,8
1854...	1.28. 8,17	+ 2,9	25	1.28. 8,67	— 3,3	72	— 0,50	+ 6,2
1855...	1.27.48,56	+ 1,6	19	1.27.49,40	— 3,7	44	— 0,84	+ 5,3
1856...	1.27.29,25	+ 3,7	20	1.27.29,99	— 3,5	43	— 0,74	+ 7,2
1857...	1.27.10,03	+ 2,8	31	1.27.10,37	— 3,3	58	— 0,34	+ 6,1
1858...	1.26.50,77	+ 2,2	25	1.26.51,25	— 3,4	81	— 0,48	+ 5,6
1859...	1.26.31,54	+ 2,0	19	1.26.32,19	— 4,2	82	— 0,65	+ 6,2
1860...	1.26.12,26	+ 3,1	5	1.26.12,98	— 3,7	50	— 0,72	+ 6,8
1861...	1.25.53,40	+ 2,2	18	1.25.53,60	— 3,1	52	— 0,20	+ 5,3
1862...	1.25.34,44	+ 1,5	17	1.25.34,48	— 3,2	31	— 0,04	+ 4,7
1863...	1.25.14,91	+ 2,1	21	1.25.15,57	— 3,7	37	— 0,66	+ 5,8
1864...	1.24.55,62	+ 2,4	21	1.24.56,33	— 3,3	50	— 0,91	+ 5,7

(1) *Astronomische Nachrichten*, nos 1720 et 1721.

» On voit, par ce tableau, que les distances polaires observées directement dépendent de l'excès de la température extérieure sur celle de la salle d'observation. Quand cet excès est positif, les distances zénithales sont trop faibles; quand il est négatif, les distances zénithales sont trop grandes, et cela se trouve vérifié constamment, sauf une seule exception (en 1861), dans cette série de 2000 observations continuées pendant quatorze ans. Il en résulte qu'en combinant ces observations par doubles groupes de 1000, pour en tirer la distance polaire de l'étoile, on pourrait obtenir toutes les valeurs comprises entre $1^\circ 27' 10'',19$ et $1^\circ 27' 10'',64$.

» M. Bakhuyzen a montré que ce phénomène n'était pas particulier à l'étoile polaire; il se reproduit dans d'autres régions du ciel, et l'auteur, en suivant une marche qui lui est propre, en a déduit la forme que doit affecter la couche limite de l'atmosphère de la salle méridienne de Greenwich. Il a fait avec le même succès le même travail pour l'observatoire de Kœnigsberg. Je dois m'estimer heureux que mes idées de 1850 se soient trouvées d'accord avec les résultats si intéressants de M. Bakhuyzen.

» Toutefois il m'a semblé qu'il restait encore quelque chose à faire au point de vue pratique. Il est permis, en effet, de se représenter ces réfractions anormales de diverses manières. Au lieu de les attribuer, comme je l'avais fait d'abord, à une altération des couches de niveau de l'atmosphère, on peut tout aussi bien les imputer au facteur thermométrique dont on se sert pour le calcul de la réfraction. Les astronomes déduisent exclusivement ce facteur des indications du thermomètre externe; il suffira donc, pour se placer à ce nouveau point de vue, d'y introduire une petite correction dépendante à la fois de la hauteur angulaire de l'astre observé et de la température interne, ou plutôt de la différence des deux thermomètres, intérieur et extérieur.

» Afin de simplifier cette recherche, nous écarterons l'influence de la hauteur en nous bornant à l'étoile polaire qui ne s'écarte du pôle que de $1\frac{1}{2}$ degré.

» Désignons par f le facteur thermométrique de la réfraction moyenne ρ, et par α la petite correction qu'il faut lui ajouter pour reproduire l'effet dû à la cause que nous étudions : α sera une fonction de l'excès du thermomètre extérieur sur le thermomètre intérieur, et comme cet excès varie périodiquement avec les saisons et avec l'heure du jour, il en sera de même de α. Soit z la distance zénithale observée au passage supérieur : on aura, pour la distance vraie, $z + (f + \alpha)\rho$, et au passage inférieur, $z' + (f' + \alpha')\rho'$. Dès lors en prenant pour la colatitude $\frac{1}{2}(z + f\rho + z' + f'\rho')$, on néglige le terme correctif $\alpha\rho + \alpha'\rho'$.

» Il n'est donc pas étonnant que dans les observatoires où l'on n'est pas parvenu à égaliser les températures intérieures et extérieures, la latitude conclue des observations présente des variations périodiques avec les saisons (1).

» Si δ désigne la distance polaire, $C + dC$ la colatitude vraie, et C la colatitude adoptée, on aura

$$\delta = C + dC - z - f\rho - \alpha\rho.$$

» La distance Δ conclue des observations sera donc non pas δ, mais

$$\Delta = \delta - dC + \alpha\rho,$$

par les culminations supérieures, et

$$\Delta' = \delta + dC - \alpha'\rho'$$

par les culminations inférieures.

» Comme dC renferme des erreurs de sources très-diverses, on voit par là que pour mettre en évidence les termes en α, il ne faudra pas comparer entre elles les distances polaires de culminations différentes. La seule manière de mettre en évidence et d'isoler la quantité α, c'est de choisir des séries de distances polaires obtenues au même passage, à des époques où l'excès de température $t - \theta$ prend des valeurs extrêmes et de signes contraires. C'est précisément ce que nous fournit le tableau si habilement dressé par M. Bakhuyzen. Appelons Δ_1 et Δ_2 les distances polaires de culmination supérieure observées à ces deux époques, α_1 et α_2 les valeurs que prend alors la fonction α, nous aurons

Passage supérieur. . . . . . . $\Delta_1 - \Delta_2 = (\alpha_1 - \alpha_2)\rho$,
Passage inférieur . . . . $\Delta'_1 - \Delta'_2 = -(\alpha_1 - \alpha_2)\rho'$;

ρ et ρ' étant respectivement $44''$ et $49''$, les deux séries de différences nous donneront en moyenne

$$(\alpha_1 - \alpha_2)44'' = +0'',50 \quad \text{pour} \quad t - \theta = +6^\circ,3,$$
$$-(\alpha_1 - \alpha_2)49'' = -0'',56 \quad \text{pour} \quad t - \theta = +5^\circ,9.$$

» On en tire

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \frac{1,06}{93} = 0,0114$$

pour une différence de $6^\circ,1$.

(1) La latitude doit en présenter aussi d'année en année; voyez, en effet, la prédominance numérique des observations où $t - \theta$ est négatif (1500 contre 500), prédominance qui varie elle-même d'une année à l'autre.

» Si la quantité α était simplement proportionnelle à l'excès $t - \theta$, on aurait $\alpha = \frac{0,0114}{6,1} = 0,0019$ pour chaque degré de cet excès.

» Or 0,0019 est précisément la variation que subit le facteur thermométrique f de la réfraction pour une variation de 1 degré Fahrenheit dans la température de l'air. Comme f est la valeur de ce facteur à la température extérieure t, et $f + \alpha$ le facteur corrigé pour l'excès $t - \theta$, il résulte de ce qui vient d'être dit que l'on obtiendra $f + \alpha$ en calculant ce facteur non pas avec t, mais avec θ, c'est-à-dire en substituant l'indication du thermomètre de la salle à celle du thermomètre extérieur. Cette transformation se fera aisément ici à l'aide de la petite table suivante, qui indique les corrections à ajouter aux distances polaires pour les diverses valeurs de $t - \theta$.

Passage supérieur.		Passage inférieur.	
$t-\theta$	αp	$t-\theta$	$\alpha p'$
1°	0",09	1°	0",10
2	0,18	2	0,20
3	0,26	3	0,29
4	0,35	4	0,39
5	0,44	5	0,49
6	0,53	6	0,59
7	0,62	7	0,69

» Cette simple substitution d'un thermomètre à l'autre fait disparaître immédiatement l'anomalie signalée. Les deux séries deviennent en effet, après avoir été ramenées au même équinoxe moyen de 1857,0 :

Culmination supérieure.

	Δ_1	$\alpha_1 p$	$\Delta_1 - \alpha_1 p$	Δ_2	$\alpha_2 p$	$\Delta_2 - \alpha_2 p$	Différ.
1851	1°.27'.10",20	— 0",32 =	1°.27'. 9",88	1°.27'. 9",93	+ 0",25 =	1°.27'.10",18	— 0",30
1852	10,59	— 0,31	10,28	9,77	+ 0,25	10,02	+ 0,26
1853	10,44	— 0,26	10,18	9,70	+ 0,29	9,99	+ 0,19
1854	9,94	— 0,22	9,72	9,71	+ 0,33	10,04	— 0,32
1855	11,08	— 0,23	10,85	10,02	+ 0,31	10,33	+ 0,52
1856	10,71	— 0,24	10,47	10,19	+ 0,28	10,47	0
1857	11,15	— 0,34	10,81	10,43	+ 0,31	10,74	+ 0,07
1858	11,19	— 0,34	10,85	10,58	+ 0,36	10,94	— 0,09
1859	10,94	— 0,15	10,79	10,60	+ 0,38	10,98	— 0,19
1860	11,03	— 0,26	10,77	10,42	+ 0,32	10,74	+ 0,03
1861	10,35	— 0,22	10,13	10,46	+ 0,28	10,74	— 0,61
1862	10,80	— 0,19	10,61	10,57	+ 0,30	10,87	— 0,26
1863	10,88	— 0,20	10,68	10,56	+ 0,29	10,85	— 0,17
1864	10,72	— 0,20	10,52	10,13	+ 0,29	10,42	+ 0,10
						Moyenne.......	— 0,06

Culmination inférieure.

	Δ'_1	$\alpha_1\rho'$	$\Delta'_1-\alpha_1\rho'$	Δ'_2	$\alpha_2\rho'$	$\Delta'_2-\alpha_2\rho'$	Différ.
1851	1°.27'.10",46	+0",24	=1°.27'.10",70	1°,27'.10",91	−0",31	=1°.27'.10",60	+0",10
1852	10,29	+0,25	10,54	10,95	−0,32	10,63	−0,09
1853	10,34	+0,25	10,59	11,02	−0,32	10,70	−0,11
1854	10,54	+0,29	10,83	11,04	−0,32	10,72	+0,11
1855	10,16	+0,16	10,32	11,00	−0,36	11,64	−0,32
1856	10,06	+0,36	10,42	10,80	−0,34	10,44	−0,02
1857	10,03	+0,28	10,31	10,37	−0,32	10,05	+0,26
1858	9,97	+0,22	10,19	10,45	−0,33	10,12	+0,07
1859	9,93	+0,20	10,13	10,58	−0,41	10,17	−0,04
1860	9,84	+0,30	10,14	10,56	−0,36	10,20	−0,06
1861	10,16	+0,22	10,38	10,36	−0,30	10,06	+0,32
1862	10,37	+0,15	10,52	10,41	−0,31	10,10	+0,42
1863	10,00	+0,21	10,21	10,66	−0,36	10,30	−0,09
1864	9,86	+0,24	10,10	10,77	−0,32	10,45	−0,35
						Moyenne.......	+0,01

» Ainsi des discordances systématiques qui s'élevaient pour les passages supérieurs à 0",50, et pour les inférieurs à 0",56, se trouvent réduites à 0",06 et à 0",01 par la simple substitution du thermomètre intérieur au thermomètre extérieur. Les astronomes ont beaucoup discuté autrefois cette question, et c'est après un examen approfondi qu'ils se sont décidés à adopter exclusivement le thermomètre extérieur pour le calcul des réfractions. Je crois même que dans la plupart des observatoires on a renoncé depuis longtemps à consulter et à enregistrer le thermomètre intérieur (1). Cependant la discussion précédente montre qu'il y avait lieu de réviser ce procès jugé sur des documents insuffisants. Je ferai à ce sujet les remarques suivantes :

» L'excès $t-\theta$ de la température extérieure sur la température interne varie périodiquement avec les saisons dans le cours d'une année. Si pour les observations d'une certaine étoile cette quantité prenait successivement des valeurs positives et négatives telles que la somme des corrections correspondantes fût nulle, la déclinaison conclue chaque année par le calcul ordinaire de la réfraction, c'est-à-dire avec le thermomètre extérieur, serait parfaitement exacte (2). Mais en réalité cette compensation annuelle n'aura lieu pour aucune étoile; il restera toujours un résidu qui variera d'une

(1) Il s'agit, bien entendu, d'un thermomètre suspendu librement dans le courant d'air intérieur, et non d'un thermomètre fixé à un mur, à un pilier ou à un instrument.

(2) D'après cela, il serait peut-être prudent d'exclure, comme on le faisait autrefois, des Catalogues d'étoiles fondamentales, celles qui ne peuvent être observées en toute saison.

étoile à l'autre, d'une manière assez régulière, et qui se produira d'autant plus constamment dans la suite des années que les observations auront été faites avec plus de suite et de régularité.

» Il y a plus : d'un observatoire à l'autre ces compensations partielles n'auront pas lieu de la même manière; leurs résidus varieront avec la latitude, avec la température moyenne, avec la différence de l'été à l'hiver, etc.; elles porteront même l'empreinte toute locale du mode de construction de la salle des observations. De là des discordances entre les Catalogues fondamentaux des divers observatoires; discordances régulières, dont la loi trop complexe ne pourra être saisie *à posteriori*. Mais les constantes employées dans la réduction des observations sont si bien connues aujourd'hui (sauf en ce qui concerne le choix entre les deux températures t et θ), les erreurs instrumentales ou personnelles sont si faciles à déterminer avec une extrême précision, le pointé astronomique est si exact avec nos puissants instruments, que je n'hésite pas à dire que toutes ces discordances embarrassantes disparaîtraient comme par enchantement si l'on parvenait à obtenir la véritable température applicable au calcul de la réfraction. Nous atteindrions enfin d'une manière certaine l'exactitude du dixième de seconde.

» On trouvera peut-être cette dernière assertion bien hardie : arrêtons-nous un instant pour la justifier. Il me suffira de mettre sous les yeux de l'Académie le tableau suivant des distances polaires de α Petite Ourse déduites des deux culminations, combinaison qui a pour effet d'éliminer les erreurs introduites par les colatitudes différentes, adoptées successivement dans le cours de la réduction des observations. Je dois faire remarquer qu'il ne comprend que les observations faites dans les circonstances les plus fâcheuses, c'est-à-dire celles où l'excès $t - \theta$ est le plus grand possible.

	Pass. sup^r.	Pass. inf^r.	Moyenne.	Écarts.
	° ′ ″	″	° ′ ″	″
1851	1.27.10,03	10,65	1.27.10,34	— 0,10
1852	10,15	10,59	10,37	— 0,07
1853	10,09	10,65	10,37	— 0,07
1854	9,88	10,78	10,33	— 0,11
1855	10,59	10,48	10,53	+ 0,09
1856	10,47	10,43	10,45	+ 0,01
1857	10,78	10,18	10,48	+ 0,04
1858	10,90	10,16	10,53	+ 0,09
1859	10,89	10,15	10,52	+ 0,08
1860	10,75	10,17	10,46	+ 0,02
1861	10,44	10,22	10,33	— 0,11
1862	10,74	10,31	10,52	+ 0,08
1863	10,77	10,25	10,51	+ 0,07
1864	10,47	10,27	10,37	— 0,07
			1.27.10,44	

» Les discordances avec la moyenne ne dépassent pas 0",11 (1) : ainsi on peut aujourd'hui réduire à dix ou quinze ans le laps de temps nécessaire pour rendre sensible un fait qui eût naguère exigé plus d'un siècle.

» Ce qui me confirme dans l'opinion que les erreurs systématiques des Catalogues dépendent principalement de l'emploi exclusif du thermomètre extérieur dans le calcul de la réfraction, c'est qu'on a beau varier les instruments, en perfectionner l'étude, multiplier les observations et les observatoires, on ne gagne absolument rien. M. Auwers, qui vient de discuter d'une manière approfondie seize Catalogues fondamentaux d'une grande valeur, n'a pu trouver de motif de se décider pour l'un plutôt que pour l'autre; il a été réduit à prendre entre eux une simple moyenne afin d'en déduire un Catalogue normal, lequel à son tour a le désavantage de contenir des erreurs systématiques encore plus inextricables, tandis que celles des Catalogues originaux dépendent presque exclusivement, si je ne me trompe, de la cause que je viens de signaler. Cette cause est d'ailleurs la seule qui soit en état de rendre compte des circonstances caractéristiques du problème.

» S'il en est ainsi, il devient important d'examiner de très-près la question. Je crois avoir prouvé que, pour la région du ciel occupée par la polaire, à Greenwich, il faut calculer la réfraction par le thermomètre intérieur tel qu'il est actuellement placé. Sans doute la démonstration s'applique encore à une étendue notable au-dessus et même au-dessous du pôle. S'étend-elle à toutes les étoiles, à quelque hauteur qu'elles atteignent dans leur culmination? C'est là ce qu'une discussion analogue sur des circumpolaires très-éloignées du pôle nous apprendra. Mais je doute beaucoup que la même règle doive être appliquée sans modification aux étoiles très-basses, surtout au sud, et moins encore aux étoiles vues par réflexion, à tra-

---

(1) La marche régulière de ces petits écarts indique une petite correction de 0",01 dans le mouvement propre de l'étoile, ou de 0",06 dans la constante de la nutation. Cette dernière me semble peu probable, car je trouve que les ascensions droites de la polaire observées à Greenwich s'accordent parfaitement avec la constante de M. Peters, pourvu que l'on corrige les résultats des dix premières années (1851-1860) d'une erreur constante de $0^s,45$. Cette erreur me paraît tenir à ce que l'un des tourillons était échauffé sensiblement par un bec de gaz; elle a disparu à partir de 1861, par suite d'heureuses modifications apportées à cette partie des accessoires de l'instrument. Le grand cercle méridien de M. Airy ne se retourne pas, mais cela ne l'empêcherait pas d'être un instrument parfait si la flexion y était étudiée autrement qu'avec des étoiles vues par réflexion sur un bain de mercure, genre d'observation dont M. Bakhuyzen conteste, comme moi, la parfaite exactitude.

vers les couches d'air qui reposent immédiatement sur le plancher de la salle. Peut-être faudrait-il, pour ces étoiles-là, recourir à des thermomètres diversement placés. Heureusement ces dernières observations, mauvaises au point de vue qui nous occupe, ne sont nullement nécessaires pour la détermination des erreurs instrumentales (flexions); j'ai montré il y a vingt ans que l'on peut, et (on le voit bien aujourd'hui) que l'on doit substituer aux étoiles réfléchies des collimateurs également vus par réflexion sur un bain de mercure, mais, cette fois, dans des circonstances de température intérieure dont on est entièrement maître (1).

» Sans doute le meilleur correctif de cette cause d'erreur serait de réduire constamment $t-\theta$ à zéro ; malheureusement le voisinage du sol, la nécessité de donner un abri à l'instrument et de le protéger contre de trop brusques variations de température ou contre un rayonnement intense ne permettent pas de réaliser cette condition-là d'une manière rigoureuse. D'autre part on ne pourrait abandonner la masse énorme d'observations que nous possédons sans essayer de tirer parti du haut degré de précision qu'elles ont atteint, mais qui se trouve masqué par un mode vicieux de réduction. La question que je soulève intéresse donc le passé aussi bien que l'avenir. Elle nous montre aussi combien les astronomes de Greenwich ont eu raison de conserver leur thermomètre intérieur, alors même que les décisions de leurs prédécesseurs semblaient en avoir condamné définitivement l'usage; il sera facile d'introduire la correction nouvelle dans les plus utiles réductions antérieures de cet observatoire.

» Que l'on me permette de revenir, en terminant, sur cette considération que le procès entre les deux thermomètres a été jugé à une époque où les observations étaient moins précises, les instruments moins étudiés, les constantes des réductions très-incertaines. Aujourd'hui, au contraire, ces constantes sont connues avec beaucoup plus d'exactitude, les instruments sont incomparablement plus puissants et mieux étudiés, et les observations plus exactes et beaucoup plus nombreuses. Il est donc tout naturel que, la question étant posée de nouveau, elle reçoive aujourd'hui une solution différente. »

---

(1) *Comptes rendus*, t. XXI, p. 761 et suiv.

ÉLECTROCHIMIE. — *Traitement électrochimique des minerais d'argent, de plomb et de cuivre;* par **M. Becquerel.**

» Je prends la liberté d'entretenir de nouveau l'Académie des recherches que j'ai faites de 1835 à 1840, pour le traitement électrochimique des minerais d'argent, de cuivre et de plomb.

» La première communication à l'Académie date de 1836 (*Comptes rendus*, t. II, p. 230).

» Deux autres communications furent faites dans les séances publiques des cinq Académies, les 2 mai 1837 et 1838. Depuis, j'ai cessé de m'en occuper.

» Le principe général consiste dans l'emploi de couples voltaïques composés de zinc, de fer ou de plomb associés à des lames de cuivre ou à des amas de charbon bien recuit; les lames de métal non oxydable, ou les substances non métalliques conductrices, sont mises en communication immédiate avec la dissolution métallique argentifère des minerais convenablement préparés, tandis que les lames de métal oxydable sont placées dans des diaphragmes perméables en toile à voile ou en cuir non tanné remplis seulement d'eau salée et plongeant dans cette dissolution, puis mises en communication métallique avec les premières.

» Les métaux contenus dans le minerai réduit en poudre très-fine sont chlorurés ou sulfatés suivant des méthodes que j'ai indiquées dans le *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, en 3 volumes que j'ai publié en commun avec M. Edmond Becquerel (t. II, p. 276).

» Le minerai préparé est déposé dans de grandes fosses contenant de l'eau salée saturée, agitée avec un moulinet mis en mouvement au moyen d'un moteur convenable, pour opérer la dissolution des sels métalliques solubles.

» Le minerai étant déposé, on décante le liquide dans d'autres bassins, où se trouvent les couples précédemment mentionnés. On a traité de cette manière avec succès 20 000 kilogrammes de minerais envoyés du Mexique, du Pérou, du Chili, de Sibérie, de Freyberg, de Sainte-Marie-aux-Mines, et de différents points de la France.

» C'est la première fois qu'on a fait usage des piles à courants constants, construites sur une grande échelle, en séparant les deux liquides par un diaphragme poreux et dont j'avais fait connaître le principe à l'Académie en 1829 (*Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XLI, p. 19).

» Plusieurs de ces couples furent réunis pour former des piles, et on diminua ainsi le temps nécessaire pour la reduction des métaux. On fit

usage même d'un couple indépendant à courant constant dont on élevait la température afin de produire des effets plus rapides encore. Dans l'ouvrage dont je viens de parler, je donne la description d'une usine dans laquelle il était possible de traiter 900 mètres cubes d'eau salée saturée tenant en dissolution le chlorure d'argent, et qui pouvait donner en vingt-quatre heures 500 kilogrammes d'argent; rien n'avait été oublié, dans la description du procédé, pour que l'on pût en faire une application immédiate. L'expérience démontra que les minerais d'argent contenant du cuivre et du plomb pouvaient être traités sans difficulté par le procédé électrochimique toutes les fois que le sel marin était à bas prix, et qu'il y avait suffisamment de bois dans la localité, pour opérer un grillage, quand la chloruration ne pouvait pas être faite par la voie humide.

» J'ai indiqué en même temps un moyen de séparer l'argent du plomb dans la galène, espèce de coupellation par voie humide.

» M. Duport Sainte-Claire, qui a été longtemps à la tête des ateliers d'affinage du Gouvernement à Mexico, juge très-compétent dans la matière, s'exprime en ces termes en parlant du procédé électrochimique, dans son ouvrage sur la production des métaux précieux au Mexique, qui a reçu l'approbation de l'Académie :

« Quelles seraient donc les conséquences du manque complet de mercure, si par un de ces événements peu probables sans doute, mais possibles, la mine d'Almanden cessait de fournir du cinabre, soit par des éboulements, soit par une trop grande abondance des eaux, soit enfin parce que les minerais suffisamment riches en mercure auraient été extraits?

» La production du vif argent, limitée alors à celle des mines de la Carniole, serait insuffisante pour les besoins; il s'ensuivrait une hausse de prix telle, qu'elle équivaudrait en quelque sorte à une disette absolue. Que deviendrait alors l'extraction de l'argent au Mexique?

» Il y a quelques années, cette question eût été fort embarrassante à résoudre, car on ne connaissait aucun moyen d'extraire l'argent de ces minerais que la fonte et l'amalgamation. (Il n'en serait plus ainsi aujourd'hui.) J'ai pu me convaincre de la possibilité de son application (procédé électrochimique) industrielle sur les minerais du Mexique, autant par des expériences faites sur 4000 kilogrammes de minerai des principaux districts, que j'avais fait venir à Paris, que par celles que j'ai répétées moi-même sur les lieux. L'application sur une plus grande échelle une fois constatée, la question se réduisait à une comparaison de chiffres pour le coût des anciens et des nouveaux systèmes. »

» M. Duport était sur le point d'appliquer le procédé électrochimique au Mexique, lorsque des affaires de famille le rappelèrent en France, où il est resté depuis.

» Dans ce procédé, des appareils voltaïques fonctionnent avec le zinc,

le fer ou le plomb et l'eau salée sans l'intervention d'aucun acide; le mercure en est également exclu.

» Dans ma communication de 1838 je proposai un autre procédé dont voici le principe :

« On commence par faire subir au minerai une préparation préalable en employant divers procédés qui dépendent de sa nature et des ressources que présente le pays en produits chimiques; puis on fait passer un courant électrique dans la masse minérale convenablement disposée et humectée d'eau salée; ce courant s'empare de l'argent, qu'il transporte sur des corps non oxydables, où on le recueille à l'état de poudre, de cristaux ou de lamelles suivant l'intensité du courant. »

» Depuis 1840 ce procédé n'a pas reçu d'application; ce n'est que depuis un an et plus peut-être, qu'il attire vivement l'attention publique en Californie, comme on en juge par les articles qui sont consignés dans le *Courrier de San-Francisco*. Le premier article est de fin octobre 1868 et le second du 14 janvier dernier, qui contient un Rapport de MM. Holf et Pioche qui s'occupent avec suite et intelligence de ce procédé auquel ils ont fait faire de notables progrès.

» Ces Messieurs, après avoir rappelé tous les efforts que j'ai faits pour arriver à la solution de la question et en avoir parlé dans des termes obligeants, dont je suis très-reconnaissant, décrivent les améliorations qui me paraissent rationnelles, quoique je n'en aie qu'une imparfaite connaissance. Voici en deux mots en quoi consistent ces améliorations. Ils ont renoncé d'abord au premier procédé dont j'ai parlé précédemment pour s'en tenir au second, qu'ils ont rendu, je crois, pratique, et qui a pour but de retirer non-seulement l'argent, mais l'or. La pile est mise en rapport avec le minerai même, humecté probablement avec de l'eau salée (car ils ne le disent pas dans leur Rapport), réduit en poussière et auquel ils ajoutent des substances qu'ils n'indiquent pas, pour les décomposer. Ils impriment à la masse pâteuse un mouvement continuel de rotation, après avoir plongé dans le mélange des lames de cuivre amalgamé et, sans doute, d'autres lames d'un métal oxydable, mises en communication, la lame de cuivre amalgamé avec le pôle négatif et l'autre lame avec le pôle positif de la pile; le courant décompose le sel d'argent sous l'influence de la pile et du cuivre amalgamé. Quant aux agents chimiques introduits, ils n'en disent mot. Voici comment ces Messieurs s'expriment à cet égard à la fin de leur Rapport :

« Quant aux réactions chimiques qui doivent nécessairement avoir lieu pour que le transport des métaux précieux puisse s'opérer, elles sont nombreuses et complexes; et, quoique depuis longtemps nous en ayons établi les formules, nous croyons devoir attendre leur pré-

sentation prochaine à l'Académie des Sciences de l'Institut de France et leur acceptation par nos grands maîtres avant de leur donner de la publicité. »

» Je me tiens donc dans une extrême réserve à l'égard de ce procédé qui me paraît être une amélioration du mien et avec d'autant plus de raison qu'il faudrait avant tout connaître le prix de revient et tous les détails du procédé amélioré qui a été déjà essayé sur une grande échelle. On retire du minerai de 80 à 87 pour 100 de la teneur en argent.

» En attendant, j'ai désiré d'attirer l'attention publique sur cette importante question, afin que l'on s'en occupât dans les grands districts miniers où l'extraction de l'argent éprouve un grand ralentissement qui est une des causes probables de la rareté de ce métal en Europe. »

PHYSIQUE. — *Sur les propriétés physiques et le pouvoir calorifique des huiles minérales et des pétroles; par* **M. H. Sainte-Claire Deville** (1).

« Les nombres qui vont suivre et que j'ai demandé à l'Académie la permission de publier dans ses *Comptes rendus* doivent servir :

» 1° A indiquer le danger que les huiles minérales présentent dans leur transport et pour leur conservation, par suite de la présence des matières volatiles qu'elles contiennent. On trouve dans les tableaux une série de chiffres indiquant leur volatilité. Le danger que les huiles font courir est d'autant plus grand que la quantité de matières bouillant au-dessous de 120 degrés est plus considérable.

» 2° On ne s'est pas assez méfié de la dilatabilité considérable des huiles de pétrole; lorsque l'espace libre ménagé au-dessus des tonneaux qui les renferment est insuffisant pour compenser les effets extraordinaires de cette dilatation, ces tonneaux font explosion et font courir les risques les plus grands des plus dangereux incendies. Les coefficients de dilatation contenus dans ces tableaux permettront aux exportateurs de calculer le volume qui doit rester vide dans chaque tonneau pour que le liquide puisse se dilater librement jusqu'à une température de 50 degrés, qu'il n'atteindra jamais ou presque jamais. J'appelle l'attention sur cette cause fréquente d'accidents terribles, cause qui semble avoir échappé jusqu'ici à l'observation des expéditeurs d'huile de pétrole.

» 3° La composition des huiles donnera une idée approchée de leur valeur comme combustibles. La quantité de chaleur que développera leur

(1) L'Académie a décidé que cette communication, bien que dépassant les limites réglementaires, serait reproduite en entier au *Compte rendu*.

combustion augmentera en général avec les proportions d'hydrogène et diminuera avec les proportions d'oxygène qu'elles contiennent.

» 4° La composition du produit de distillation des huiles minérales renseignera les chimistes sur la nature des hydrogènes carbonés qui les constituent en grande partie.

13° (1) *Huile de Béchelbronn.* Naturelle, donnée et analysée par M. Boussingault.

A 280 degrés cette huile ne perd rien.

Composition	C	85,6
	H	9,6
	Az	0,25
	Cendres	0,05
	O	4,5
		100,0

Densité à zéro	0,968
» à 50°,6	0,935
Coefficient de dilatation	0,000697

14° *Pétrole brut de Béchelbronn.* Produit visqueux. Envoi de M. Le Bel.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 170 degrés	5,3	pour 100
» à 190 degrés	10,3	»
» à 210 degrés	20,7	»
» à 230 degrés	30,7	»
» à 250 degrés	37,3	»

Composition	C	85,7
	H	12,0
	O	2,3
		100,0

Densité à zéro	0,892
» à 50 degrés	0,857
Coefficient de dilatation	0,000793

Huile distillée.

Composition	C	84,5
	H	12,6
	O	2,9
		100,0

Densité à 21°,4 0,816

Résidu de la distillation. Densité à 21°,2. 0,914

(1) Ce n° 13 indique que les tableaux qui suivent sont la continuation des tableaux de même genre publiés dans les *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 442.

15° *Pétrole de Schwabwiller* (Bas-Rhin). Envoi de M. Sanyas.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 170 degrés	7,7	pour 100
» à 190 degrés	12,0	»
» à 210 degrés	17,3	»
» à 230 degrés	23,0	»
» à 250 degrés	28,7	»

Composition	C...	86,2
	H..	13,3
	O...	0,5
		100,0

Densité à zéro	0,861
» à 50 degrés	0,828
Coefficient de dilatation	0,000858

Huile distillée.

Composition	C...	84,3
	H...	13,6
	O...	2,1
		100,0

Densité à 22°,2 0,776

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés..... 0,882

16° *Pétrole de Schwabwiller* (Bas-Rhin), de la Compagnie des pétroles français, extrait des sables bitumineux par M. Sanyas. Fluorescent en bleu.

Perte par la chaleur à 160 degrés	5,6	pour 100
» à 180 degrés	14,6	»
» à 200 degrés	22,0	»
» à 220 degrés	34,3	»
» à 240 degrés	39,3	»
» à 250 degrés	42,7	»

Composition	C...	79,5	79,8
	H...	13,6	13,5
	O...	6,9	6,7
		100,0	100,0

Densité à zéro	0,829
» à 51°,8	0,795
Coefficient de dilatation	0,000843

Huile distillée.

Composition.......... { C... 85,5 ; H... 14,2 ; O... 0,3 } = 100,0

Densité à 20 degrés 0,776

Résidu de la distillation. Densité à 21°,8........ 0,849

17° *Huile de Gabiau* (Hérault). Visqueuse et noire (M. Foucou).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 292 degrés........... 0,7 pour 100
» à 300 degrés........... 14,0 »

Composition.......... { C... 86,1 ; H... 12,7 ; O... 1,2 } = 100,0

Densité à zéro........................... 0,894
» à 50 degrés........................... 0,731
Coefficient de dilatation..................... 0,000687

Huile distillée.

Composition.......... { C... 86,5 ; H... 12,4 ; O... 1,1 } = 100,0

Densité à 20°,6........................... 0,860

Résidu de la distillation. Densité à 20°,4...... 0,888

18° *Pétrole du Hanovre* (Ædesse), pris à la surface. Noir, un peu visqueux (M. Foucou, n° 3).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 100 degrés........... 0,5 pour 100
» à 120 degrés........... 2,7 »
» à 140 degrés........... 5 »
» à 200 degrés........... 11 »
» à 220 degrés........... 14 »
» à 250 degrés........... 19 »

Composition.......... { C... 80,4 ; H... 12,7 ; O... 6,9 } = 100,0

Densité à zéro.................................. 0,892
» à 48°,2.. 0,860
Coefficient de dilatation.......................... 0,000772

Huile distillée.

Composition..........	C...	83,2
	H...	13,6
	O...	3,2
		100,0

Densité à 21 degrés.................................. 0,775
Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés... 0,908

19° *Pétrole du Hanovre* (Witze), 50 mètres de profondeur, noir, assez visqueux, coule lentement (M. Foucou, n° 4).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 250 degrés......... 5,4 pour 100
» à 270 degrés......... 7,8 »
» à 300 degrés......... 16,3 »

Composition..........	C...	86,2
	H..	11,4
	O...	2,4
		100,0

Densité à zéro.................................. 0,955
» à 50°,6.. 0,925
Coefficient de dilatation.......................... 0,000641

Huile distillée.

Composition..........	C...	84,3
	H...	12,5
	O...	3,2
		100,0

Densité à 21 degrés.................................. 0,842
Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés... 0,959

20° *Pétrole du Hanovre* (Oberg), à 12 mètres, dichroïque, légèrement visqueux (M. Foucou, n° 5).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 250 degrés................ 8,6 pour 100

Composition..........	C...	84,4
	H...	11,5
	O...	4,1
		100,0

Densité à zéro.................................... 0,944
» à 48°,2.................................... 0,915
Coefficient de dilatation.................................... 0,000662

Huile distillée.

Composition..........	C...	84,1
	H...	13,0
	O...	2,9
		100,0

Densité à 21 degrés.................................... 0,830

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés... 0,944

21° *Pétrole de Gallicie* (Ost Gallizien). Envoi de M. Ami Boué, Membre de l'Académie des Sciences de Vienne.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 100 degrés..............	2,1	pour 100
» à 120 degrés..............	4,6	»
» à 140 degrés..............	8,7	»
» à 160 degrés..............	13,7	»
» à 180 degrés..............	14,3	»
» à 200 degrés..............	21,7	»
» à 220 degrés..............	25,3	»
» à 250 degrés..............	32,3	»

Composition..........	C...	82,2
	H...	12,1
	O...	5,7
		100,0

Densité à zéro.................................... 0,870
» à 50 degrés.................................... 0,836
Coefficient de dilatation.................................... 0,000813

Huile distillée.

Composition..........	C...	80,5
	H...	13,6
	O...	5,9
		100,0

Densité à 21 degrés.................................... 0,778

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés.... 0,901

22° *Huile de Gallicie* (West Gallizien), envoyée par M. Ami Boué.

Huile brute.

Perte par la chaleur	à 100 degrés	1	pour 100
»	à 120 degrés	4	»
»	à 140 degrés	9,8	»
»	à 160 degrés	14,3	»
»	à 180 degrés	23,3	»
»	à 200 degrés	27	»
»	à 220 degrés	30,7	»
»	à 250 degrés	36,7	»

Composition.......... { C... 85,3 ; H... 12,6 ; O... 2,1 } = 100,0

Densité à zéro	0,885
» à 50 degrés	0,852
Coefficient de dilatation	0,000775

Huile distillée.

Composition.......... { C... 83,8 ; H... 12,9 ; O... 3,3 } = 100,0

Densité à 21 degrés.............................. 0,786

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés..... 0,931

23° *Pétrole de Circassie*, épais. Envoi de M. Fabre de Marseille. Noir, dur, peu visqueux.

Huile brute.

Perte par la chaleur	à 160 degrés	1	pour 100
»	à 180 degrés	1,3	»
»	à 200 degrés	2	»
»	à 220 degrés	2,7	»
»	à 250 degrés	10	»
»	à 280 degrés	21,3	»

Composition.......... { C... 85,3 ; H... 11,6 ; O... 3,1 } = 100,0

Densité à 20 degrés	0,9405
» à 58 degrés	0,904
Coefficient de dilatation	0,000696

Huile distillée.

Composition { C... 83,1 ; H.. 12,8 ; O... 4,1 } 100,0

Densité à 20 degrés 0,857

Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés...... 0,944

24° *Pétrole de Circassie.* Envoi de M. Fabre de Marseille. Noir et assez fluide.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 100 degrés	3,3	pour 100
» à 120 degrés	8,7	»
» à 140 degrés	15,7	»
» à 160 degrés	19,3	»
» à 180 degrés	24	»
» à 200 degrés	27,7	»
» à 220 degrés	32,7	»
» à 250 degrés	34,7	»

Composition { C... 84,2 ; H... 12,4 ; O... 3,4 } 100,0

Densité à zéro	0,887
» à 58 degrés	0,850
Coefficient de dilatation	0,000750

Huile distillée.

Composition { C... 83,5 ; H... 13,5 ; O... 3,0 } 100,0

Densité à 20 degrés 0,787

Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés..... 0,936

25° *Pétrole de Valachie* (Ploësti). Envoi de M. Fabre de Marseille. Noir et fluide.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 120 degrés	5,4	pour 100
» à 140 degrés	11,8	»
» à 160 degrés	17,8	»
» à 180 degrés	23,8	»
» à 200 degrés	29,2	»
» à 220 degrés	34,6	»
» à 250 degrés	41,6	»

Composition	C...	82,6
	H...	12,5
	O...	4,9
		100,0

Densité à zéro	0,862
» à 50°,8	0,828
Coefficient de dilatation	0,000808

Huile distillée.

Composition	C...	80,1
	H...	13,7
	O...	6,2
		100,0

Densité à 20 degrés 0,778

Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés... 0,910.

26° *Pétrole de Valachie* (Ploësti). Envoi de M. Fabre de Marseille. Noir et assez fluide.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 120 degrés	0,7	pour 100
» à 140 degrés	3,3	»
» à 160 degrés	6	»
» à 180 degrés	10,7	»
» à 200 degrés	15,3	»
» à 220 degrés	19,3	»
» à 250 degrés	26,7	»

Composition	C...	83,0
	H...	12,2
	O...	4,8
		100,0

Densité à zéro.............................. 0,901
» à 50°,8.............................. 0,868
Coefficient de dilatation.............................. 0,000748

Huile distillée.

Composition..........	C...	83,5
	H...	13,2
	O...	3,3

Densité à 20 degrés.............................. 0,804

Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés.... 0,924.

27° *Pétrole noir de Parmesan* (Marzolaro). Noir, liquide (M. Foucou, n° 2).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 200 degrés.......... 7,7 pour 100
» à 250 degrés.......... 17,9 »

Composition..........	C...	84,9
	H...	11,4
	O...	3,7
		100,0

Densité à zéro.............................. 0,938
» à 50°,8.............................. 0,905
Coefficient de dilatation.............................. 0,000716

Huile distillée.

Composition..........	C...	83,8
	H...	12,6
	O...	3,6
		100,0

Densité à 21 degrés.............................. 0,830

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés... 0,944.

28° *Pétrole de Parme* (Neviano de' Rossi). Dans l'argile pliocénique à 60 mètres de profondeur. Huile ambrée, très-fluide, envoyée par M. Foucou (n° 2).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 100 degrés.......... 1,8 pour 100
» à 120 degrés.......... 16,2 »
» à 140 degrés.......... 39,9 »
» à 160 degrés.......... 54,9 »
» à 180 degrés.......... 65,6 »

Perte par la chaleur à 200 degrés	75,4	pour 100
» à 220 degrés	79,8	»
» à 250 degrés	88,6	»

Composition: C... 81,9; H... 12,5; O... 5,6; total 100,0

Densité à zéro	0,809
» à 52°,6	0,770
Coefficient de dilatation	0,000963

Huile distillée.

Composition: C... 83,0; H... 13,1; O... 3,9; total 100,0

Densité à 20 degrés 0,783

Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés... 0,874.

29° *Pétrole du Piémont* (Retorbido). Marne pliocénique à 35 mètres de profondeur, blanc jaunâtre, fluorescence vive, très-liquide (M. Foucou, n° 1).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 200 degrés	7,5	pour 100
» à 220 degrés	9	»
» à 250 degrés	29,7	»
» à 270 degrés	52,3	»

Composition: C... 86,4; H... 12,2; O... 1,4; total 100,0

Densité à zéro	0,919
» à 52°,6	0,884
Coefficient de dilatation	0,000752

Huile distillée.

Composition: C... 84,7; H... 12,3; O... 3,0; total 100,0

Densité à 21 degrés 0,880

Résidu de la distillation. Densité à 22 degrés... 0,936.

30° *Pétrole de Zante.* Noir, visqueux. Donné par MM. Hermann et C[ie].

Huile brute.

Perte par la chaleur à 300 degrés.............. 9,7 pour 100

Composition.........	C...	82,6
	H...	11,8
	O...	5,6
		100,0

Densité à zéro.................................. 0,952
» à 50 degrés.......................... 0,921
Coefficient de dilatation....................... 0,000673

Huile distillée.

Composition..........	C...	82,7
	H...	12,8
	O...	4,5
		100,0

Densité à 21 degrés.............................. 0,883

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés... 0,942.

31° *Crude Petroleum Oil* (*Canada West*). A 120 mètres de profondeur (Grand-Manitoulin) (M. Foucou).

Perte par la chaleur	à 160 degrés........	6	pour 100
»	à 180 degrés...........	14,7	»
»	à 200 degrés...........	19,7	»
»	à 220 degrés...........	28,1	»
»	à 240 degrés...........	35,8	»

Composition.........	C...	83,0	83,2
	H...	14,6	14,0
	O...	2,4	2,8
		100,0	100,0

Densité à zéro.................................. 0,828
» à 51°,8................................ 0,801
Coefficient de dilatation....................... 0,000883

Huile distillée

Composition..........	C...	83,3
	H...	16,1
	O...	0,6
		100,0

Densité à 19°,4................................ 0,778

Résidu de la distillation. Densité à 20 degrés... 0,846.

32° *Bothwel* (*Canada West*). A 185 mètres; odeur infecte à la distillation (M. Foucou, n° 3).

Huile brute.

Perte par la chaleur	à 150 degrés	10,4	pour 100
»	à 170 degrés	14	»
»	à 190 degrés	19,2	»
»	à 210 degrés	19,6	»
»	à 230 degrés	21,6	»
»	à 250 degrés	32,0	»

Composition { C... 84,3 ; H... 13,4 ; O... 2,3 } = 100,0

Densité à zéro	0,857
» à 50 degrés	0,838
Coefficient de dilatation	0,000868

Huile distillée.

Composition { C... 85,3 ; H... 14,2 ; O... 0,5 } = 100,0

Densité à 21°,2 ... 0,773

Résidu de la distillation. Densité à 20°,4... 0,879.

33° *Petrolia* (*Canada West*), prise à 169 mètres. Donnée par M. Foucou (n° 4).

Huile brute.

Perte par la chaleur	à 125 degrés	0	pour 100
»	à 150 degrés	15	»
»	à 170 degrés	15,7	»
»	à 190 degrés	22,9	»
»	à 210 degrés	27,1	»
»	à 230 degrés	32,1	»
»	à 250 degrés	37,1	»

Composition { C... 84,5 ; H... 13,5 ; O... 2,0 } = 100,0

Densité à zéro	0,870
» à 50 degrés	0,851
Coefficient de dilatation	0,000836

Huile distillée.

Composition	C...	79,4	79,2
	H...	14,1	14,1
	O...	6,5	6,7
		100,0	100,0

Densité à 20°,8	0,781

Résidu de la distillation. Densité à 20°,4... 0,896.

34° *Crude Petroleum Oil* (*Canada West*) (M. Foucou, n° 6).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 170 degrés	3	pour 100
» à 190 degrés	9,0	»
» à 210 degrés	14,0	»
» à 230 degrés	20,2	»
» à 250 degrés	28,2	»

Composition	C...	82,7
	H...	13,5
	O...	3,8
		100,0

Densité à zéro	0,844
» à 51°,8	0,815
Coefficient de dilatation	0,001

Huile distillée.

Composition	C...	85,2
	H...	14,1
	O...	0,7
		100,0

Densité à 19°,7	0,782

Résidu de la distillation. Densité à 20°,1... 0,864.

35° *Pétrole de la Virginie-Occidentale* (du puits Gutherie Wall, à Roger's Gulch); profondeur, 495 pieds. Huile légère, comparativement aux huiles de la contrée, qui toutes sont lourdes (M. Foucou, n° 7).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 100 degrés	1,4	pour 100
» à 130 degrés	5,5	»

Perte par la chaleur à 150 degrés	10,1	pour 100
» à 170 degrés	16,5	»
» à 200 degrés	21,1	»
» à 220 degrés	23,4	»
» à 250 degrés	30,7	»

Composition: C... 83,2; H... 13,2; O... 3,6; total 100,0

Densité à zéro	0,857
» à 50°,8	0,824
Coefficient de dilatation	0,000788

Huile distillée.

Composition: C... 81,9; H... 13,8; O... 4,3; total 100,0

Densité à 20 degrés 0,781

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés... 0,874.

36° *Pétrole de la Virginie-Occidentale* (du puits Mecook Wall, Roger's Gulch); profondeur, 320 pieds; huile lourde à lubrifier, verdâtre (M. Foucou, n° 8).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 250 degrés .... 8,9 pour 100

Composition: C... 83,6; H... 12,9; O... 3,5; total 100,0

Densité à zéro	0,897
» à 50°,8	0,866
Coefficient de dilatation	0,000704

Huile distillée.

Composition: C... 84,0; H... 12,3; O... 3,7; total 100,0

Densité à 21 degrés 0,855

Résidu de la distillation. Densité à 21 degrés... 0,893.

37° *Huile de Birmanie* (Rangoon), donnée par M. Fabre de Marseille.

Huile brute.

Perte de la chaleur	à 130 degrés	4,3	pour 100
»	à 150 degrés	5,3	»
»	à 190 degrés	6	»
»	à 230 degrés	8,7	»
»	à 250 dégrés	13,3	»

Composition	C...	83,8
	H...	12,7
	O...	3,5
		100,0

Densité à 28°,2	0,875
» à 60 degrés	0,855
Coefficient de dilatation	0,000774

Huile distillée.

Composition	C...	80,9
	H...	13,9
	O...	5,2
		100,0

Densité à 23° 0,795

Résidu de la distillation. Densité à 28°,2.... 0,890.

38° *Pétrole de Chine de Foo-choo-Foo*, venant de Hong-Kong, donné par M. Marcou. Solide à zéro, liquide et peu coloré, fluorescent.

Huile brute.

Perte par la chaleur	à 150 degrés	1,6	pour 100
»	à 170 degrés	12,4	»
»	à 190 degrés	28	»
»	à 210 degrés	41,6	»
»	à 230 degrés	51,6	»
»	à 250 degrés	60,8	»

Composition	C...	83,5
	H...	12,9
	O...	3,6
		100,0

Densité à zéro	0,860
» à 55 degrés	0,822
Coefficient de dilatation	0,000824

Huile distillée.

Composition	C...	83,8
	H...	12,9
	O...	3,3
		100,0

Densité à 26°,2 0,884

Résidu de la distillation. Fusible à 28 degrés, densité à 30... 0,881.

39° *Huile brute des schistes de Vagnas* (Ardèche). Envoi de M. Guez.

Huile brute.

Perte par la chaleur à 170 degrés	4	pour 100
» à 190 degrés	7,7	»
» à 210 degrés	20	»
» à 230 degrés	28,3	»
» à 250 degrés	42	»

Composition	C	80,3
	H	11,5
	Beaucoup d'Azote et O.	8,2
		100,0

Densité à zéro 0,911

» à 50 degrés 0,874

Coefficient de dilatation 0,000896

Huile distillée.

Composition	C	82,3
	H	11,5
	Az et O.	6,2
		100,0

Densité à 22°,2 0,862

Résidu de la distillation. Densité à 21°,8... 0,912.

40° *Huile des schistes d'Autun* (usine du Ruet, de MM. de Champeaux, Bazin et Rodary).

Huile brute.

Perte par la chaleur à 100 degrés	4	pour 100
» à 120 degrés	6,7	»
» à 140 degrés	12,7	»
» à 160 degrés	17,3	»
» à 180 degrés	24,7	»

Perte par la chaleur à 200 degrés........... 31 pour 100
» à 220 degrés........... 38 »
» à 240 degrés.......... 44,7 »

Composition.......... { C... 79,7 ; H... 11,8 ; O... 8,6 } 100,0

Densité à zéro.......................... 0,870
» à 60 degrés.......................... 0,829
Coefficient de dilatation.......................... 0,000859

Produit distillé.

Composition.......... { C..... 77,2 ; H..... 12,2 ; AZ et O. 10,6 } 100,0

Densité à 22°,6.......................... 0,787

Résidu de la distillation. Densité à 22°,6... 0,921.

41° *Huile lourde de pins,* envoyée par M. Dive de Mont-de-Marsan, incolore, fluorescente en bleu ou visqueuse.

Huile brute.

Perte par la chaleur : nulle à 300 degrés, distillée au-dessus.

Composition.......... { C... 87,1 ; H... 10,4 ; O... 2,5 } 100,0

Densité à zéro.......................... 0,985
» à 50°,6.......................... 0,952
Coefficient de dilatation.......................... 0,000685

Huile distillée.

Composition.......... { C.... 84,8 ; H... 10,5 ; O.. 4,7 } 100,0

CHIMIE AGRICOLE. — *Observations sur une Note de* M. Velter *ayant pour titre :* De l'utilité du sel marin en agriculture; *par* **M. Eug. Peligot.**

« Dans le travail *Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux*, que j'ai présenté à l'Académie, il y a un an environ, j'ai cherché à

établir que, contrairement aux résultats qu'on a déduits de l'analyse des cendres d'un grand nombre de plantes et aux opinions adoptées par la plupart des agriculteurs et les chimistes, la soude est beaucoup moins répandue dans le règne végétal qu'on ne le suppose généralement. En cherchant, en effet, à constater la présence de cette base par des expériences directes, j'ai été conduit à admettre qu'elle n'existe pas dans les produits de l'incinération d'un grand nombre de plantes cultivées, tandis qu'en employant les mêmes procédés elle se rencontre dans les cendres fournies par d'autres plantes venues dans le même terrain, notamment dans la betterave, dans diverses plantes marines et dans d'autres végétaux de la famille des atriplicées. Aussi, il m'a semblé qu'il n'est plus possible d'admettre désormais que la soude et la potasse peuvent se remplacer mutuellement dans les phénomènes qui président au développement des végétaux.

» J'ai soumis ces expériences à de nouvelles vérifications, et j'ai lieu de les considérer comme exactes, dans des limites même plus étroites que celles auxquelles je m'étais arrêté dans mon premier travail. Les faits que j'ai observés m'ont conduit naturellement, sinon à contester d'une manière absolue, au moins à mettre en doute l'efficacité du sel marin comme engrais, soit qu'on l'ajoute au fumier ou à d'autres matières fertilisantes, soit qu'on le répande sur la terre sous forme de résidus des salines, d'engrais humains ou d'eaux provenant des égouts des villes; dans les terrains peu perméables, il est permis d'admettre que le sel n'étant pas absorbé par les récoltes s'accumule au bout d'un temps plus ou moins long, de manière à faire obstacle à la germination des graines que le sol reçoit ultérieurement. Plus d'un fait agricole peut être invoqué en faveur de cette opinion.

» Ce n'est, d'ailleurs, qu'avec une grande réserve que j'ai abordé cette importante question, qui, depuis tant d'années, divise les agriculteurs les plus autorisés; en apportant à la discussion un élément nouveau, c'est-à-dire l'absence des sels de soude dans les cendres de la plupart des plantes cultivées, je désirais surtout appeler l'attention des agriculteurs tant sur les faits acquis que sur les expériences à instituer pour conduire à une solution définitive.

» Sous ce rapport, mon but a été promptement atteint. Quelques jours après la lecture de mon travail à l'Académie, M. Velter, Répétiteur à l'École d'Agriculture de Grignon, publiait dans les *Comptes rendus* une Note ayant pour titre : *De l'utilité du sel marin en agriculture, fondée sur la transformation en carbonate de soude et ultérieurement en nitrate de soude.* En outre, en présentant le travail complet de M. Velter à la Société impériale et cen-

trale d'Agriculture, l'honorable Directeur de l'École de Grignon, M. Bella, combattait, avec une vivacité qui témoigne en faveur de ses convictions sur les bons effets du sel marin, les réserves que j'avais faites en ce qui concerne le rôle utile du sel dans les engrais. M. Bella avait publié récemment dans le premier fascicule des travaux du corps enseignant de l'École qu'il dirige, une expérience de laquelle il tire cette conclusion que dans une terre riche, de bonne qualité, en bonne fécondité et cependant imprégnée d'une certaine quantité de chlorure de sodium, le sel augmente très-sensiblement les rendements en grains et en paille du froment. Partisan décidé de l'emploi du sel comme engrais, M. Bella rappelle qu'il a continué à Grignon une tradition qui remonte à quarante années et qui consiste à utiliser les eaux de l'égout collecteur de Versailles, à mêler le sel aux guanos, enfin à arroser les fumiers avec des dissolutions de sel à raison de 250 kilogrammes par hectare; il se demande si, en dehors de l'action chimique, le sel n'a aucune action sur l'état électrique des vapeurs d'eau qui se dégage du sol, et s'il ne peut pas, ainsi, avoir une action indirecte sur la végétation.

» Je me garderai bien de discuter l'expérience faite à Grignon sur quatre parcelles de terrain de 4 ares chacune, dont l'une n'avait pas reçu de sel, et dont les trois autres en avaient reçu des doses qui ont varié de 250, 500 et 1 000 kilogrammes par hectare (1). Je ne mets pas en doute que, avec l'emploi du sel et peut-être aussi grâce à un capital considérable, les terres de ce domaine ont été maintenues depuis quarante ans dans un excellent état de fertilité. Mais quelle est la mesure de cet état? Quelle est la part qui en revient à l'emploi du sel? Si cette substance eût été écartée, cette fertilité aurait-elle été la même ou bien aurait-elle aug-

(1) Je dois faire néanmoins une remarque : le lot n° 2 a fourni 1275 gerbes de blé à l'hectare, le lot n° 3 1250 et le lot n° 4 1225; le poids des gerbes de tous les lots était le même en moyenne, de $9^{kil},387$. Le rendement en grains a été représenté de 45 hectolitres par hectare pour le lot sans sel et de $47^{hect},5$, $52^{hect},5$ et $52^{hect},5$ pour les lots salés. Ce qui me paraît difficile à expliquer, c'est que l'hectolitre de blé provenant de la parcelle qui n'avait pas reçu de sel pesait $73^{kil},880$, tandis que le poids de l'hectolitre du grain fourni par le lot qui avait reçu 1000 kilogrammes de sel s'élevait à $76^{kil},660$. Ainsi deux carrés de terre presque contigus, placés dans les mêmes conditions de température et d'humidité, ayant reçu l'un et l'autre 200 kilogrammes de phospho-guano à l'hectare, auraient donné du blé d'une nature tellement différente que l'un pèse à l'hectolitre près de 3 kilogrammes de plus que l'autre. Comme les cendres du blé sont parfaitement exemptes de sels de soude, ainsi que cela a été établi depuis longtemps, notamment par M. Boussingault, ce résultat était bien digne de fixer l'attention des expérimentateurs.

menté ou diminué? Je ne pense pas que personne puisse répondre à ces questions.

» La même réserve ne m'est pas permise à l'égard des expériences de M. Velter. Le travail de ce chimiste, depuis sa publication, fait autorité auprès des partisans de l'emploi du sel comme engrais; tout récemment l'*Association libre des cultivateurs*, de Ghistelles, en Belgique, en réclamant l'abolition de l'impôt sur le sel dans leur pays, invoquait l'opinion de M. Velter à l'appui des bons résultats que le sel leur a fournis dans des cultures variées; les membres de cette Association admettent que dans plusieurs circonstances, notamment dans la culture des colzas, les sels de soude peuvent remplacer les sels de potasse (1).

» En conséquence, j'ai dû répéter l'été dernier les expériences faites à Grignon par M. Velter. Ce chimiste a fait usage de deux cylindres en zinc de 1 mètre de hauteur sur 15 centimètres de diamètre, munis à 10 centimètres de la base d'un faux fond formé par une toile métallique permettant de recueillir l'eau de drainage. Le 4 juin, chaque cylindre ayant reçu 18 kilogrammes de terre, on a mis dans l'un des deux 170 grammes de sel marin qui furent enfouis à 20 centimètres de profondeur et dissous par un litre d'eau distillée; l'autre vase fut conservé sans addition de sel, pour servir de témoin, après avoir reçu pareillement 1 litre d'eau.

« En octobre, dit M. Velter, la terre du cylindre contenant le sel, prise » à la profondeur de 20 centimètres, avait changé de nature; elle possé- » dait une réaction alcaline très-prononcée, et l'extrait aqueux (très-alca- » lin) était fortement coloré en brun par les composés ulmiques. Je re- » connus alors la transformation du sel marin en carbonate de soude, déjà » signalée par Berthollet. »

» L'auteur ajoute que cette transformation a été suivie de celle du carbonate en nitrate, en présence des matières organiques et du calcaire contenus dans la terre. Cette nitrification n'est représentée, il est vrai, que par une bien faible différence, par 3 milligrammes d'acide azotique qui se trouvait en plus dans 1 kilogramme de terre salée. L'auteur n'a pas fait connaître le procédé qu'il a employé pour cette difficile détermination.

» Quoi qu'il en soit, M. Velter tire de son expérience cette conclusion, que le sel marin est utile à la végétation, *en ce sens qu'il favorise la nitrification des matières azotées*. En présence du calcaire contenu dans le sol, il se

---

(1) *Journal de l'Agriculture*, dirigé par M. BARRAL, 1869, t. I, n° 62.

produit du carbonate de soude, lequel se transforme ensuite en azotate alcalin. »

» Cette opinion est assurément fort acceptable, si les faits sur lesquels elle s'appuie ont été bien observés; mais je regrette d'avoir à dire qu'il n'en est pas ainsi; l'expérience que je viens de décrire est entachée d'un vice radical : elle a été faite *dans des vases métalliques*, dans des cylindres *en zinc*. Or les chimistes savent qu'une dissolution de sel marin attaque rapidement ce métal. En présence de l'air, il se fait de l'oxychlorure de zinc insoluble dans l'eau, et la liqueur salée devient fortement alcaline. Je mets sous les yeux de l'Académie de l'oxychlorure de zinc préparé dans ces conditions.

» Il n'est donc pas surprenant que M. Velter ait constaté que la liqueur du cylindre contenant la terre salée était devenue fortement alcaline. L'acide carbonique contenu dans la terre a dû même favoriser, dans ces conditions, la transformation du sel marin en carbonate de soude.

» L'auteur s'appuie sur l'autorité de Berthollet qui aurait déjà signalé, d'après lui, la transformation du sel marin en carbonate de soude. Or, en remontant au texte, il est facile de voir qu'il s'agit beaucoup moins d'une expérience réalisée par l'illustre auteur de la *Statique* que d'une hypothèse qu'il avait mise en avant, dans son Mémoire sur l'Égypte, pour expliquer la formation du carbonate de soude sur les bords du lac Natron.

» Afin qu'il ne reste aucune équivoque sur ce point du débat, je demande à l'Académie la permission de reproduire ici le passage auquel il est fait allusion :

« L'efflorescence produit de même une séparation de carbonate de soude, lorsque celui-ci se trouve en contact avec le carbonate de chaux dans un degré d'humidité convenable; alors il se fait une très-petite dissolution du carbonate de chaux, au moyen de l'action qu'exerce sur lui le muriate de soude; mais la combinaison de l'acide carbonique avec la soude et sa séparation simultanée sont décidées par l'efflorescence, et le phénomène se continue. Les circonstances qui peuvent favoriser l'efflorescence sont un mélange convenable de muriate de soude et de carbonate de chaux, et une humidité soutenue à une température élevée; le voisinage d'un corps poreux favorise encore la décomposition du muriate de soude en facilitant l'efflorescence et la séparation du carbonate de soude; mais, quoi qu'il y ait peu de différence entre les conditions de cette décomposition et celle qu'on obtient par la chaux, il paraît que la première exige un intervalle de temps beaucoup plus grand et peut être quelques circonstances plus favorables, telles qu'une température plus élevée; d'où vient probablement que Scheele n'a pas obtenu cette décomposition en se servant de carbonate de chaux.

» C'est par ces circonstances que j'ai observées sur les bords du lac Natron, que j'ai cru pouvoir expliquer la formation continuelle d'une immense quantité de carbonate de soude, et il est probable que c'est à des circonstances semblables ou peu différentes qu'est due la

production du carbonate de soude qu'on observe dans d'autres déserts, ainsi que sur la surface de quelques voûtes et de quelques murs (1). »

» Berthollet ajoute : « C'est encore à une cause semblable qu'il faut attribuer la décomposition de muriate de soude, par les lames de fer tenues dans un lieu humide; le carbonate de soude effleurit à leur surface, et il se décompose si on le plonge dans les gouttes de muriate de fer qui se forme en même temps. »

» En remplaçant le fer par le zinc, c'est, comme on voit, le fait, sans la cause, qui a été observé à Grignon; on voit, d'ailleurs, qu'il s'agit plutôt d'une interprétation que d'une expérience faite par Berthollet. Il n'est pas utile d'ajouter que les résultats qu'il énonce sont en désaccord avec ceux qui ont été observés par tous les chimistes qui, depuis Scheele, se sont occupés de la transformation du sel marin en carbonate de soude.

» Je devais néanmoins rechercher si, dans l'expérience de M. Velter, il y a réellement formation d'azotates alcalins ou terreux ; on pouvait supposer, en effet, que l'emploi d'un vase de métal, tout en exaltant le phénomène de l'alcalinité, n'en avait pas été la cause unique; il était possible qu'en se plaçant dans des conditions agricoles plus normales, la présence du sel marin dans le sol ait favorisé la formation des azotates.

» L'expérience a été faite de la manière suivante :

» Deux grands pots à fleurs, en terre poreuse, de quinze litres de capacité, ont été à peu près remplis de bonne terre de jardin préalablement mouillée. Cette terre renfermait à l'état sec :

Matières organiques azotées	11,1
Carbonate de chaux..................	30,4
Argile et sable........................	58,5
	100,0

» Le 28 juin, on a semé dix haricots dans chaque pot; l'un des vases a été arrosé avec trois litres d'eau ordinaire, dans laquelle on avait fait dissoudre 20 grammes de sel marin; l'autre avec la même quantité d'eau non salée. Dans le but de soustraire les graines au contact d'une liqueur trop riche en sel, on a versé en dernier lieu un litre d'eau sur chacun des vases qui ont été enterrés, en plein air et à fleur de terre, dans un carré de jardin fraichement labouré.

» Le temps s'étant maintenu sec pendant toute la durée de l'expérience, les deux vases ont été arrosés simultanément, à diverses époques, avec la même quantité d'eau.

---

(1) *Essai de Statique chimique*, t. I, p. 405.

» Au bout de huit à dix jours, les haricots commencent à se montrer dans le vase qui n'a pas reçu de sel; la végétation suit sa marche ordinaire, et le 15 août on a récolté huit tiges vigoureuses, garnies de leurs feuilles et de leurs fruits.

» Dans le pot qui a reçu l'eau salée, une seule graine a germé et a fourni une tige chétive qui n'a pas fleuri. Pendant plusieurs semaines, aucune végétation ne s'est produite. Néanmoins, dans la dernière période de l'expérience, des graines de plantes voisines, apportées probablement par le vent, ont germé sur cette terre, de sorte qu'au moment où les haricots étaient arrivés à maturité dans le pot qui n'avait pas reçu de sel, l'autre était couvert d'une végétation assez abondante de pourpier, d'amarante et de chénopodée.

» Cette expérience établit une fois de plus l'influence pernicieuse du sel sur la germination; celle-ci n'a commencé, pour les plantes parasites, qu'après que la terre a été soumise à des arrosages plusieurs fois répétés, qui ont eu pour résultat de diviser les 20 grammes de sel dans une quantité de terre considérable. Le pourpier et le chénopodée sont des plantes dont les cendres contiennent du sel marin : l'amarante n'en renferme pas.

» La recherche des azotates qui auraient pris naissance au sein de la terre sous l'influence des matières organiques et calcaires, avec ou sans le concours du sel marin, a été faite en soumettant d'abord chaque pot à un lessivage méthodique. L'eau de pluie dont j'ai fait usage traversait toute la masse de terre et était recueillie par l'ouverture ménagée au fond du vase; 8 litres d'eau ont été versés sur chaque pot et ont donné $3\frac{1}{2}$ litres d'eau séléniteuse colorée en jaune par les matières organiques que la terre renfermait.

» Un égal volume de chacune de ces dissolutions ayant été évaporé à siccité, l'alcool bouillant en a séparé les azotates; les deux liqueurs alcooliques ont été évaporées à leur tour, et les résidus secs ont été repris par une égale quantité d'eau et mis en contact avec une lame d'or, après addition d'acide chlorhydrique et en opérant dans les mêmes conditions de temps et de température; la perte de poids de ces lames devait être proportionnelle à la quantité d'eau régale ainsi formée, et par conséquent d'azotates contenus dans chacun des échantillons de terre.

» Dans le matras contenant le produit du pot qui avait reçu le sel, on a fait tomber une lame d'or très-mince du poids de $0^{gr},799$. On avait pris soin de ne pas toucher cette lame avec les doigts. Le matras, fermé avec un bouchon de liége, a été abandonné pendant vingt-quatre heures à la

température ordinaire, puis chauffé pendant trois heures au bain-marie, à la température de 80 degrés. Après ce temps, la lame a été lavée et séchée; elle pesait $0^{gr},749$. Il y avait eu $0^{gr},050$ d'or dissous.

» La liqueur du vase non salé a été traitée exactement de la même façon; la lame d'or pesait $0^{gr},752$ avant et $0^{gr},447$ après son séjour dans la dissolution acide. En conséquence, $0^{gr},305$ d'or avaient été dissous, c'est-à-dire une quantité environ six fois plus considérable que celle qui avait disparu sous l'influence de la terre salée.

» Ainsi cette expérience tend à établir *précisément le contraire* de ce qui a été annoncé par M. Velter : loin de favoriser la formation des azotates dans un sol calcaire pourvu de matières organiques, le sel marin y met obstacle.

» J'avoue que ce résultat ne m'a nullement surpris. Quoique les conditions dans lesquelles le nitre prend naissance dans les différents sols nous soient encore peu connues, malgré les très-nombreuses recherches exécutées avant et après la fondation du prix que, à la demande de Turgot, l'Académie des Sciences a proposé, en 1775, pour celui qui arriverait à résoudre cet important problème, il est bien difficile aujourd'hui de contester qu'une certaine solidarité existe entre les matières organiques et les éléments minéraux que renferment les sols dans lesquels la nitrification s'accomplit; des observations récentes du docteur Palmer, qui a constaté que dans les Indes même la formation du nitre n'a lieu que dans les lieux qui ont été ou qui sont habités, confirment *cette vieille expérience sans nom d'auteur*, que Gay-Lussac objectait à Longchamp, qui soutenait, comme on sait, l'opinion contraire.

» On peut aller plus loin et envisager la formation des azotates comme étant étroitement liée aux phénomènes de fermentation et de putréfaction qui accompagnent la destruction spontanée des matières organiques; or l'agent le plus propre à entraver ces phénomènes, le corps antiseptique par excellence, est le sel marin. L'expérience que je viens de décrire n'a donc fait que confirmer ce qui pouvait être prévu par avance.

» Cette étude resserre dans des limites encore plus étroites la discussion des mérites du sel marin au point de vue de la production des récoltes. Cependant, tout en maintenant les doutes que j'ai énoncés à l'égard des propriétés fertilisantes qui lui seraient propres, je ne conteste pas qu'il puisse jouer quelquefois un rôle utile, soit en maintenant dans le sol un degré convenable d'humidité, soit en facilitant la dissolution de quelques principes fertilisants, soit en débarrassant la terre d'insectes tels que les

chenilles et les limaces. En outre, par ses propriétés antiseptiques, le sel peut, dans des cas assez limités, assurer dans les temps de sécheresse la conservation des engrais dans le sol, ceux-ci agissant plus tard avec plus d'efficacité au moment où, sous l'influence de la pluie, le sel marin vient à disparaître lui-même. C'est peut-être à une action de ce genre qu'il faut rattacher cette pratique des cultivateurs anglais d'ajouter au guano, qu'ils emploient en si grande quantité, une certaine dose de sel marin.

» Enfin des travaux tout récents sont venus donner un appui inattendu à mes observations sur le rôle des sels de soude dans les phénomènes de la végétation. Le fils d'un de nos illustres et regrettés confrères, M. Paul de Gasparin, poursuit depuis plusieurs années, à Orange, des études difficiles sur la composition des terres arables. Pour déterminer la potasse, la soude et la magnésie que renferment les sols, il fait usage d'une méthode d'analyse qui consiste à transformer ces bases en sulfates neutres, après que les autres substances qui les accompagnent ont été séparées; puis à précipiter, au moyen de la baryte, l'acide sulfurique et la magnésie; cette dernière base est ensuite pesée sous forme de sulfate; quant à la potasse, elle est dosée à l'état de chlorure de potassium et de platine.

« Quelle que soit, dit M. Paul de Gasparin, l'opinion qu'on se forme sur le mérite de ces opérations, il est évident que si, constamment, non pas une fois, mais vingt, cinquante fois, la potasse et la magnésie correspondent rigoureusement en équivalents au dosage du sulfate de baryte, on peut en conclure hardiment qu'il n'y avait pas de soude dans le terrain..... Comme, en matière expérimentale, il faut être méticuleux, je dois dire que le mot *zéro* pour la soude est outré. En mettant de côté les terrains salants proprement dits qui en contiennent des quantités considérables, les terres d'alluvion et de diluvium ordinaires donnent souvent des traces de soude; mais il est bien rare que l'acide sulfurique, excédant dans le sulfate de baryte la quantité qui correspond à la potasse et à la magnésie, soit supérieur à 25 centigrammes pour 1 kilogramme de terre; et c'est alors dans des terres fumées avec des engrais de ville : ce qui explique l'origine de cette petite quantité.

» La conclusion de ces observations est que la potasse est plus que jamais confirmée en possession du titre d'*alcali végétal*, et que l'absence de la soude dans la plus grande partie des familles végétales correspond à son absence dans la plupart des terres qui les portent. »

» On ne peut mieux dire, du moins à mon sens. Cette absence de la soude se rattache d'ailleurs à la rareté relative ou à la localisation dans des terrains peu nombreux des minéraux silicatés à base de soude, tels que l'oligoclase, l'albite, le labrador, etc. La soude ne se rencontre guère dans les terrains sous forme de sels solubles qu'à l'état de chlorure de sodium, et c'est aussi dans cet état qu'on le retrouve presque toujours dans les végétaux et dans les produits de leur incinération.

» En m'appuyant sur ces faits, je me crois autorisé à formuler les deux propositions suivantes :

» 1° La plupart des plantes cultivées fournissent des cendres exemptes de sels de soude, attendu que les terrains dans lesquels elles se sont développées en sont eux-mêmes exempts.

» 2° Dans un sol plus ou moins riche en chlorure de sodium, certaines plantes ont la faculté de s'assimiler cette substance, tandis que d'autres, beaucoup plus nombreuses, la délaissent complétement. »

M. Chevreul prend la parole après la lecture du Mémoire de M. Peligot, et s'exprime comme il suit :

« Mon intention n'est pas de revenir sur la manière dont j'envisage le *chlorure de sodium* en particulier et l'*engrais* en général dans leurs rapports avec les êtres vivants, parce que déjà, à propos d'une communication de mon confrère, j'ai exposé à l'Académie que je ne peux admettre, au double point de vue de la science et de l'économie agricole, un engrais *normal*, comme l'a fait feu mon excellent ami M. de Gasparin; à mon sens, l'*engrais* ne peut être que *complémentaire* de ce qui manque à un sol donné pour y cultiver une plante également donnée (1). Je ne discuterai pas maintenant la question de savoir à quel point la potasse peut remplacer la soude, et celle-ci la potasse dans la végétation. Je me bornerai à signaler des expériences fort intéressantes faites par M. Cloëz sur plusieurs espèces de plantes, cultivées comparativement dans un terrain enlevé au Muséum et dans un terrain situé à l'embouchure de la Somme (2), et à communiquer

(1) *Compte rendu* de la séance du lundi 2 décembre 1868 (t. LXVI, p. 373 à 380).

(2) Voici les résultats de quelques-unes des expériences de M. Cloëz :

Composition comparée du salin de diverses espèces de plantes récoltées au bord de la mer et au Muséum d'Histoire naturelle.

1. Chou marin (*Crambe maritima*). — Plante récoltée le 24 septembre 1868 à Haulebut, sur les bancs de galets qui bordent la mer :

Sulfate de potasse	20,1
Chlorure de potassium	26,2
Chlorure de sodium	49,6
Sulfate de chaux	3,2
	99,1

Rapport de la soude à la potasse $= \frac{960}{1000}$

(*Voir* la suite de la note p. 512.)

quelques résultats déjà obtenus sur la réaction du chlorure de sodium et du fer, parce qu'ils ont de la conformité avec ceux dont M. Peligot a parlé à propos de l'action mutuelle de ce chlorure et du zinc.

» La décomposition du chlorure de sodium, du sulfate et de l'azotate de soude par le fer dans une atmosphère humide fut observée, en 1779, par Scheele. Il reconnut celle du même chlorure et du sulfate de soude par la chaux dans des circonstances analogues, fait observé déjà par Cohausen dès 1717. Scheele, avec le génie chimique dont il était doué à un si haut degré, avait parfaitement signalé la singularité de ce fait (1).

---

2. Chou marin, récolté le 10 octobre 1868 dans le potager du Muséum d'Histoire naturelle :

Sulfate de potasse	78,0
Chlorure de potassium	8,2
Chlorure de sodium	7,9
Sulfate de chaux	4,8
	98,9
Rapport de la soude à la potasse	$= \frac{89}{1000}$

3. Moutarde noire (*Sinapis nigra*). — Plante récoltée le 28 juin 1868 au Hourdel, dans de la laisse de mer cultivée depuis dix ans :

Carbonate de potasse	22,9
Sulfate de potasse	47,8
Chlorure de potassium	10,2
Chlorure de sodium	18,0
	98,9
Rapport de la soude à la potasse	$= \frac{200}{1000}$

4. Moutarde noire. — Plante récoltée en juillet 1866 dans un terrain annexé au Muséum, rue Cuvier :

Carbonate de potasse	60,36
Sulfate de potasse	24,30
Chlorure de potassium	4,31
Chlorure de sodium	10,06
	99,03
Rapport de la soude à la potasse	$= \frac{96}{1000}$

(1) « Il paraît bien étonnant, » dit Scheele, « dans les expériences précédentes, que *l'alcali minéral qui s'est déposé sur la lame de fer puisse précipiter la dissolution martiale qui for-*

» Berthollet adopta l'opinion de Scheele, relativement à l'influence de la *propriété efflorescente du carbonate de soude* dans les réactions précédentes, avec cette différence pourtant qu'il admit la *décomposition du chlorure de sodium par la craie*, que Scheele dit n'avoir pu opérer, et cela tenait, selon Berthollet, à ce que le chimiste suédois n'avait point opéré à une température suffisamment élevée.

» Mais je ne viens point traiter cette question en ce moment, je le ferai plus tard; je me borne à exposer quelques faits à l'Académie, dont mon confrère M. Becquerel, ici présent, a été témoin hier même.

» On donne au centre d'une feuille circulaire de tôle de $0^m,15$ de diamètre la forme d'un verre de montre de $0^m,05$ de diamètre, puis on relève la zone annulaire, de manière que le bord extérieur soit incliné légèrement veers le centre; et sur cette zone chauffée convenablement, on verse une solution saturée de sel, de manière qu'elle puisse s'évaporer sans couler vers le centre, puis on place le tout dans une conserve convenablement humectée d'eau et couverte.

» Bientôt il se produit quelques gouttes sur l'espace annulaire; elles s'accroissent et se maintiennent plusieurs jours; on constate l'*alcalinité* durant les premières heures au moyen d'un papier rouge de tournesol, plus tard ces gouttes sont acides au papier bleu; alors on aperçoit une pellicule d'oxyde de fer qui peut devenir rougeâtre. Quand elles sont acides, elles renferment une solution de protochlorure de fer.

» Bientôt après la manifestation des gouttes sur l'espace annulaire, un liquide incolore et transparent *très-fortement alcalin* se réunit au centre.

» Enfin peu à peu des cristaux de carbonate de soude se manifestent sur le bord de l'espace annulaire.

» Je me borne à l'énoncé de ces faits, qui ne sont point d'accord avec *l'influence que Scheele et Berthollet ont attribuée à l'efflorescence dans l'action chimique*.

» J'espère être bientôt en mesure de les exposer en détail à l'Académie,

---

mait des gouttes sur la même lame; mais la raison est que la dissolution de fer qui s'est faite par l'acide muriatique attire fortement l'humidité lorsqu'elle est sèche, et que l'alcali qui est séparé, et comme en *végétation*, ne peut plus, après cela, exercer aucune action sur cette dissolution.

» Si l'alcali végétal avait, comme le minéral, *la propriété de tomber en efflorescence*, il est probable que les sels neutres qui en sont formés seraient décomposés de la même manière; mais cette première condition manquant, la seconde ne peut avoir lieu. »

avec quelques applications sur l'appareil très-simple à l'aide duquel je les ai observés; car c'est grâce à son dispositif qu'un fait capital dans l'histoire des théories des *actions chimiques* LENTES, a pu être constaté, à savoir : l'*alcalinité* que manifeste un liquide *avant toute efflorescence*, d'où la conséquence que *celle-ci n'est point une* CAUSE, *mais un simple* EFFET.

» J'étudie maintenant l'influence de diverses atmosphères sur la réaction du fer et du chlorure de sodium. J'ai constaté que l'action en est faible, si elle n'est pas nulle, dans une atmosphère pure de gaz acide carbonique humide.

» C'est surtout dans les actions lentes qui se passent dans les terres mêlées à des amendements et des engrais que les actions sont complexes et que l'erreur est facile lorsqu'on veut expliquer un *résultat final*, sans se préoccuper des actions qui l'ont précédé. »

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Quelques remarques sur l'anatomie comparée des plantes, à l'occasion de deux Mémoires de* M. Van Tieghem (1re Partie); *par* **M. A. Trécul.**

« Il a été adressé à l'Académie, en 1867, un Mémoire sur la constitution du pistil, qui, par l'idée dominante, nous reporte à trois quarts de siècle en arrière. L'auteur, M. Van Tieghem, envoya, le 18 janvier dernier, un autre travail qui aurait eu plus d'importance, si ce botaniste, en négligeant des faits bien constatés, et à la suite d'études incomplètes, ne se fût laissé entraîner à des déductions que la science ne saurait admettre. Comme les bases mêmes de l'anatomie comparée des plantes sont en question, je prie l'Académie de me permettre de lui présenter quelques remarques à l'égard de ces deux Mémoires et sur l'historique du sujet. Je m'occuperai aujourd'hui du second travail, qui a pour titre : *Recherches sur la symétrie anatomique des végétaux* (p. 151 de ce vol.). Cette symétrie y est étudiée principalement dans la racine, dans la tige et dans la feuille.

» En ce qui regarde la racine, voyons d'abord ce que l'on connaissait auparavant.

» En 1810, M. de Mirbel figura une coupe transversale de la racine du *Nymphæa lutea*, mais il l'a décrite en ces termes : « Elle est organisée à la » manière des dicotylédons. Il y a une écorce, un tissu médullaire, un » cylindre ligneux et des rayons qui vont du centre à la circonférence. » (*Ann. du Mus.*, t. XVI, p. 454.)

» En 1831, M. Mohl indiqua à la surface du corps ligneux des Palmiers

(*Hist. Palm. Mart.*, p. XIX) des faisceaux dont les plus petits vaisseaux sont externes, les plus volumineux internes et *le plus tardivement développés*. Il vit aussi que des fascicules, qu'il désigna comme formés de vaisseaux propres, *alternent avec ces faisceaux*. M. Mohl admit plus tard que ces prétendus vaisseaux propres appartiennent au système libérien.

» C'est depuis l'observation de ce savant que les botanistes, s'appuyant du reste sur des nouveaux faits, ont attribué aux faisceaux vasculaires des racines des Monocotylédones une constitution inverse de celle que l'on disait exister dans les racines des Dicotylédones.

» En 1839, M. de Mirbel a figuré ces faisceaux dits *libériens* d'après la racine du dattier; mais il en prit les éléments pour l'état jeune de vaisseaux scalariformes. (*Ann. Sc. nat.*, 2[e] série, t. XI, *Pl.* XV, *fig.* 16, *r*, *r*.)

» Décrivant, en 1845 (*Ann. Sc. nat.*, 3[e] série, t. IV, p. 293), la structure et le développement de tous les organes du *Nuphar lutea*, je fis remarquer que les faisceaux de ses racines adventives ont la constitution que l'on accordait alors exclusivement à ceux des racines des Monocotylédones, et j'ajoutai (p. 301) que les plus petits vaisseaux, qui sont les plus externes, m'ont paru naître les premiers. Je donnai donc par là le premier exemple de la similitude que les racines présentent à leur début dans les deux embranchements des végétaux phanérogames; mais c'est à M. Nägeli que revient l'honneur d'avoir montré, dans ses *Beiträge*, etc., de 1858, p. 23 et 28, que la même structure se retrouve dans un grand nombre de Dicotylédones.

» Voici le résumé de ses observations : dans les Dicotylédones il se fait au centre de la jeune racine un cylindre de tissu cambial sur un, deux, trois ou quatre points périphériques duquel se forment les faisceaux primitifs dont il vient d'être question, lesquels, par leur développement centripète, peuvent arriver au contact les uns des autres au centre de la racine. Entre les rayons que dessinent ces faisceaux, le jeune tissu cellulaire est quelquefois limité extérieurement par un groupe libérien sous lequel s'accomplit, de la manière connue, l'accroissement centrifuge du corps ligneux. Tantôt le tissu générateur, dans lequel s'effectue cet accroissement, est limité aux espaces *qui alternent avec les faisceaux primaires*, d'où il suit que *ces derniers* se trouvent *opposés chacun à un rayon médullaire;* tantôt, au contraire, le tissu générateur embrasse complétement l'ensemble des faisceaux originels. Dans les Monocotylédones, M. Nägeli a distingué trois modes de séparation du cambium générateur dans le tissu cellulaire primitif. Ce tissu cambial se dispose ou sous la forme d'un cylindre central, ou sous celle d'un anneau, ou sous la

forme de cordons épars. Dans le premier cas, la naissance des vaisseaux a lieu sur quelques points périphériques du cylindre et continue de là vers le centre de celui-ci, où les faisceaux se rencontrent. Dans le deuxième cas, des faisceaux vasculaires plus ou moins nombreux, également espacés, se développent, en rayonnant, dans l'anneau de cambium. Avec ces faisceaux rayonnants *alternent autant de cordons de* CAMBIFORME (1). Chez d'autres Monocotylédones, cette structure est compliquée par l'existence de cordes de *cambiforme* plus internes quand les faisceaux vasculaires sont plus puissants. Trois de ces cordes sont quelquefois opposées aux externes, formant avec elles une série rayonnante (2), mais elles peuvent aussi alterner avec elles. Des faisceaux vasculaires peuvent être également répandus dans la région centrale.

» Telle est l'opinion de M. Nägeli. Nous verrons plus loin qu'il ne lui manque pour être complète que la description des types dicotylédonés plus simples, ou sans faisceaux de cambiforme ou libériens apparents, qui n'ont pas fixé son attention.

» Ayant à indiquer brièvement, en 1867, la position des canaux du suc propre dans la racine de l'*Aralia edulis*, j'ai dit (*Comptes rendus*, t. LXIV, p. 887), que les premiers vaisseaux lymphatiques qui se développent au centre de l'organe sont disposés suivant un triangle, que trois *faisceaux secondaires* naissent chacun sur une face du triangle vasculaire primitif, laissant entre eux par leur accroissement trois rayons médullaires primaires, opposés chacun à un angle du triangle vasculaire originel.

» J'arrive au travail de M. Van Tieghem, qui croit devoir poser les règles générales suivantes, à la page 152 de ce volume : « Chez tous les vé- » gétaux vasculaires, la racine, qu'elle soit *principale* ou *secondaire*, nor-

---

(1) M. Nägeli appelle *cambiforme* le TISSU DU SYSTÈME LIBÉRIEN que M. Mohl nomma autrefois *vaisseaux propres*, qu'Achille Richard désigna par *endoderme*, M. Caspary par *tissu conducteur*, M. Hartig par *tissu cribreux*.

(2) J'ai constaté que ces séries radiales de trois ou quatre fascicules de *cambiforme* résultent de la segmentation des faisceaux les plus étendus suivant le rayon. Cette segmentation s'opère par la lignification de quelques cellules sur deux ou trois points de ces faisceaux rayonnants, lesquelles cellules lignifiées se confondent avec le tissu fibreux environnant, qui alors enserre des îlots de *cambiforme* à parois minces. Ces îlots ont sur la coupe transversale, dans un âge avancé, tout l'aspect des faisceaux fibrovasculaires centraux qui les avoisinent, et dont ils ne semblent différer que par un moindre développement (*Pandanus javanicus*, Hort., *Tornelia fragrans*, etc.). Dans nombre de plantes il n'y a que des groupes de fibres épaissies du liber.

» *male* ou *adventive*, possède la même organisation fondamentale. *Toujours* » le corps central de la jeune racine contient *un nombre déterminé* de faisceaux de deux sortes : les uns *exclusivement libériens*, les autres *exclusivement vasculaires*, dont le développement est *centripète*, et dont l'*alternance régulière* sur une même circonférence donne à l'organe tout entier » une symétrie parfaite par rapport à son axe de figure. Chez les Cryptogames vasculaires, les Monocotylédones et beaucoup de Dicotylédones, » cette structure se conserve sans se compliquer, et la racine ne s'épaissit » pas; mais chez un grand nombre d'autres Dicotylédones, il subsiste au » bord interne de chaque faisceau libérien un arc générateur qui forme » par les progrès de l'âge, à l'intérieur et de dedans en dehors, des vaisseaux et des fibres, à l'extérieur, sous le groupe libérien, et de dehors » en dedans, de nouveaux éléments libériens... »

» L'avis de M. Van Tieghem concorde, comme on le voit, en ce qu'il a d'essentiel avec ce qui avait été dit antérieurement, et en particulier avec le beau travail de M. Nägeli. Cependant la première phrase contient plusieurs points défectueux qu'il serait à désirer que l'auteur fît disparaître avant la publication de son Mémoire *in extenso*. C'est que : 1° les racines de tous les végétaux vasculaires n'ont pas l'organisation fondamentale que leur attribue M. Van Tieghem, parce qu'il en est qui ne possèdent qu'un seul faisceau vasculaire central (racine primaire et premières racines adventives des *Nuphar, Nymphæa, Victoria,* etc.,) et d'autres qui n'ont même pas du tout de vaisseaux (*Elodea*). 2° Dans une très-grande quantité d'espèces le nombre des faisceaux de la racine *n'est pas déterminé,* même dans un individu donné, souvent aussi à diverses hauteurs sur une même racine, où il va en diminuant de la base au sommet. Ce nombre est ordinairement en rapport avec le volume des racines. En voici quelques exemples. Une racine de *Tornelia fragrans* de $7^{mm},50$ de diamètre avait 53 faisceaux périphériques près de son insertion, tandis qu'une autre racine, qui n'avait que 5 millimètres de diamètre, n'en avait que 35. Les racines fibreuses grêles du *Ficaria ranunculoides* n'ont que 3 ou 2 faisceaux vasculaires; les racines charnues, longues de 3 à 4 centimètres, de la même plante, en ont de 7 à 9. Les racines fibreuses de l'*Œnanthe crocata* n'ont que 5 faisceaux rayonnants; les racines commençant à devenir napiformes en possèdent 11 environ (1). 3° Les racines secondaires et la racine principale n'ont pas

---

(1) J'ai décrit la racine adulte de cet *Œnanthe* à la page 157 du tome LXIII des *Comptes rendus*. Pendant son accroissement, le tissu cellulovasculaire central s'épaissit par la multi-

nécessairement la même organisation, c'est-à-dire que, si la principale a plusieurs faisceaux disposés en cercle, la racine secondaire peut n'avoir qu'un seul faisceau central. En tout cas, le nombre de ces faisceaux est proportionnel au diamètre de ces racines secondaires ou tertiaires, dans une espèce donnée. Exemples : Une racine adventive de *Pandanus javanicus* avait 191 faisceaux périphériques (je néglige ceux du centre) près de son insertion et 98 à un mètre plus loin. Une autre racine de la même plante avait 112 faisceaux périphériques près de son point d'attache, et seulement 69 à six centimètres de son sommet; une racine secondaire n'avait que 19 faisceaux périphériques, et les racines tertiaires 7 à 8. Dans le *Menyanthes trifoliata* les racines adventives principales ayant 9 faisceaux en cercle, les racines secondaires n'en ont que 2 ou 3, et les racines tertiaires 2. Dans le *Musa sinensis*, des racines qui possédaient un cercle de nombreux faisceaux périphériques, portaient des radicelles qui n'avaient que 2 fascicules vasculaires. Dans les *Nuphar lutea*, *Nymphæa alba*, *Richardia africana*, chaque racine adventive a un cercle de 11 à 12 faisceaux environ; les racines secondaires n'ont qu'un petit groupe vasculaire central irrégulier. On peut trouver dans les racines d'un même végétal les chiffres suivants pour le nombre des faisceaux primitifs : 2 et 3, 3 et 4, 4 et 5, 5 et 6, de 6 ou 7 à 11, de 1 à 15, de 6 à 200. 4° Il n'est pas non plus exact de dire que les racines normales et les racines adventives d'une même plante aient toujours la même structure. Dans les Nymphéacées la racine primaire et les premières racines adventives n'ont qu'un seul fascicule vasculaire central, tandis que les racines adventives de la plante adulte ont un cercle de 5 à 12 faisceaux ou plus, etc. 5° Il n'est pas davantage conforme à la vérité de prétendre que les jeunes racines aient, dans tous les végétaux vasculaires, deux sortes de faisceaux, les uns exclusivement libériens, les autres exclusivement vasculaires. Cette assertion est fautive pour trois raisons : A, parce que certaines racines ne possèdent, comme on le voit par ce qui précède, qu'un petit groupe vasculaire central; B, parce que dans

---

plication des utricules entre les faisceaux existants, qui sont refoulés vers l'extérieur, tandis que de nouveaux faisceaux se développent dans la région centrale. Le nombre des vaisseaux augmente à la fois dans les faisceaux du centre et dans les périphériques, et ces derniers ont souvent de la tendance *chacun* à produire une ébauche, très-imparfaite, il est vrai, de la disposition radiée qu'affectaient d'abord les premiers faisceaux de la racine. Ces faisceaux sont entourés de cellules pleines d'amidon, et dans ce tissu sont épars des vaisseaux propres. L'écorce finissant par se détruire, il ne reste plus que le corps central ainsi développé.

un grand nombre de plantes, ce n'est pas un faisceau exclusivement libérien qui existe, mais le rudiment d'un faisceau ou d'un arc fibrovasculaire, qui détermine l'accroissement en diamètre (1); C, parce que dans certains végétaux, quand plusieurs faisceaux primitifs sont en cercle, il n'existe pas de faisceau libérien alternant avec eux (*Nuphar lutea, Nymphæa alba, Menyanthes trifoliata, Richardia africana*, etc.). Tout ce que l'on peut dire à cet égard, c'est que si la théorie les indique, l'expérience est quelquefois impuissante à les démontrer.

» En ce qui concerne l'insertion des racines secondaires sur les principales, je crois devoir rappeler que j'ai dit autrefois qu'elle est analogue à celle des racines adventives sur les tiges, et que toujours leurs vaisseaux naissent au contact de ceux qui préexistent dans la racine mère.

» M. Van Tieghem croit pouvoir établir pour la tige des principes aussi exclusifs que pour la racine. Il admet que *tous les faisceaux, dans toutes les plantes acrogènes*, ont une même structure, qu'ils sont toujours doubles, c'est-à-dire formés d'un faisceau libérien et d'un faisceau vasculaire *superposés sur le même rayon*, lesquels s'accroissent, comme l'on sait, le premier de la circonférence au centre, le second du centre à la circonférence. Ces faisceaux seraient disposés et orientés au milieu du parenchyme avec une symétrie parfaite.

» Il y a de nombreuses exceptions à cette double loi de composition et d'arrangement. Je ne puis qu'en signaler ici quelques exemples. En mettant de côté les déviations du type normal offertes par certaines Sapindacées, etc., si souvent mentionnées, je rappellerai les tiges des *Aralia edulis* et *racemosa* (*Comptes rendus*, t. LXIV, p. 890), dans lesquelles, outre les faisceaux dirigés normalement, il y a au pourtour de la moelle un cercle de faisceaux inverses, c'est-à-dire dont la partie vasculaire est externe et la partie libérienne interne. D'autres faisceaux sont épars dans le centre du tissu médullaire.

» J'indiquerai aussi la remarquable disposition des faisceaux du *Nelumbium*, que j'ai décrite en 1852 (*Ann. Sc. nat.*, 4e série, t. I, p. 166). La voici de nouveau d'après la plante cultivée au Muséum. Il existe une lacune dans

(1) Il serait peut-être plus exact de dire que partout, dans les racines qui s'épaississent et dans celles qui ne s'épaississent pas, c'est un tel faisceau rudimentaire qui subsiste, et non un faisceau exclusivement libérien. Il est d'ailleurs bien certain que, dans nombre de plantes (*Nelumbium, Musa*, etc.) le faisceau libérien pur qui s'observe vers l'extérieur des tiges, etc., n'est que l'état le plus réduit du faisceau fibrovasculaire, qui va graduellement en diminuant vers la périphérie de ces organes.

l'axe de chaque entre-nœud du rhizome, et, à quelque distance, dans la région moyenne du parenchyme, se trouve une série circulaire de huit à neuf autres lacunes. Autour de celle du centre sont répartis, assez irrégulièrement, environ douze faisceaux volumineux, inégaux. Leur partie vasculaire est tournée vers cette lacune centrale. Près d'eux, mais un peu plus à l'extérieur, sont des faisceaux tournés en sens inverse. Chacun de ces derniers est opposé au côté interne d'une des huit ou neuf lacunes disposées en cercle. De plus, vis-à-vis l'extrémité interne de chaque cloison qui sépare deux lacunes voisines, est un autre faisceau également inverse, c'est-à-dire dont les vaisseaux sont tournés vers l'extérieur de la tige. A l'extrémité externe de chacune de ces cloisons est un autre faisceau plus volumineux encore, tourné en sens contraire, c'est-à-dire normalement. Dans chaque cloison même il y a deux faisceaux beaucoup plus petits. Celui qui est voisin du faisceau externe que je viens de signaler, a sa partie vasculaire tournée vers lui : par conséquent il est inverse; celui, au contraire, qui est près du faisceau opposé au côté interne de chaque cloison, a ses vaisseaux tournés vers ce faisceau : il est donc disposé normalement, ses vaisseaux étant tournés vers le centre de la tige. En outre, dans le parenchyme extérieur au cercle des lacunes, il y a plusieurs séries de faisceaux inégaux dirigés normalement, et d'autant plus petits qu'ils sont plus rapprochés de la circonférence. Les plus externes sont réduits à un fascicule libérien accompagné ou non d'un laticifère. Des vaisseaux à suc laiteux sont distribués aussi autour de chacun des autres faisceaux fibrovasculaires.

» Les Nymphéacées offrent, à la prétendue loi générale, une double exception par leur rhizome et par leur premier mérithalle. Celui-ci n'a qu'un seul faisceau central. Dans le rhizome, au contraire, beaucoup de faisceaux sont épars, entre-croisés dans toutes les directions et souvent anastomosés. Fréquemment deux ou trois faisceaux y sont unis par leur partie vasculaire, et, en conséquence, orientés d'une manière différente. Un résultat analogue est obtenu dans quelques genres d'Aroïdées (*Dieffenbachia*, *Syngonium*, *Philodendron*, etc.), par l'union de deux, trois ou quatre faisceaux par leur liber. Ces faisceaux composés étant épars dans la tige, les faisceaux constituants ne peuvent avoir la même orientation. Ils font donc aussi exception à la règle (*Comptes rendus*, 1865, t, LXI, p. 1164).

» La tige de l'*Elodea canadensis*, plante vasculaire, comme l'a dit M. Caspary, n'a de vaisseaux que dans la petite lacune axile, et seulement près du sommet, et quand la végétation est très-active. On n'aperçoit même souvent que les vaisseaux des feuilles, qui aboutissent à la lacune centrale,

dans laquelle ils se prolongent parfois un peu par en haut et par en bas. Ils sont spiraux ou annelés.

» Le beau groupe des Fougères, par sa constitution si remarquable, méritait bien d'être pris en considération. Ces plantes ont été regardées jusque dans ces derniers temps comme privées de trachées. L'an dernier encore, MM. Decaisne et Lemaout, dans leur *Traité général de Botanique, etc.*, Paris, 1868, p. 654, n'y ont indiqué que des vaisseaux annulaires et rayés. Pourtant, en 1865, M. Mettenius avait signalé des cellules à spirales déroulables à la face externe des faisceaux de la tige des Hyménophyllacées (*Abh. d. sachs. Gesells. d. Wiss*, Leipzig, t. VII, p. 418). J'ai trouvé des trachées dans toutes les Fougères que j'ai examinées, au moins dans la fronde. Dans les tiges de quelques espèces herbacées la position des petits vaisseaux est tout autre que dans les Phanérogames les plus communs. De ces petits vaisseaux sont parfois situés sur la face externe de chaque faisceau, mais il y en a ordinairement plusieurs sur les côtés du faisceau qui regardent les faisceaux voisins. Là j'ai trouvé quelquefois de vrais vaisseaux spiraux (*Phymatodes vulgaris*).

» Dans la fronde, la disposition des éléments anatomiques est variée. Tantôt les faisceaux, disposés en cercle avec un central parfois, ou en arc, ont une partie libérienne ou fibreuse principale, qui est tournée vers l'extérieur, tandis que la partie vasculaire avec ses trachées est dirigée vers le centre (faisceaux dorsaux du pétiole du *Polystichum aculeatum*, etc.). D'autres plantes ont les faisceaux représentés par des bandes sinueuses de figure diverse, formées en majeure partie de vaisseaux scalariformes. Les trachées sont ordinairement situées à la face interne de ces bandes, ou dans de petits enfoncements, qui sont ou non recouverts, du côté interne, par des cellules fibreuses, grêles, d'apparence libérienne (*Adiantum trapeziforme, Pteris*, etc.), ou dans des crochets à l'extrémité de ces bandes (*Gymnogramma chrysophylla*, etc.). Ailleurs les vaisseaux scalariformes composent un arc, dont la cavité est dirigée vers la face supérieure de la fronde. Alors des trachées sont placées sur le côté interne de chaque extrémité de l'arc, mais il y a un petit groupe vasculaire et en partie trachéen sur le milieu de la face externe de l'arc (*Doryopteris sagittæfolia*, etc.). Dans une fougère dont je ne connais pas la fructification, les vaisseaux dessinent une sorte de T à l'extrémité des trois branches duquel sont des trachées et des vaisseaux annelés. Enfin, chez d'autres espèces (*Scolopendrium, Asplenium* divers, *Cœnopteris fœniculacea*), deux arcs vasculaires, l'un à gauche,

l'autre à droite, opposés par leur convexité, se partagent le pétiole dans sa longueur. Ils restent séparés dans la partie inférieure de l'organe, mais ils se réunissent dans la partie supérieure, de manière à former un x, dont les quatre branches sont pourvues de trachées et de vaisseaux annulaires vers leur extrémité (un peu sur le côté interne de cette extrémité dans les deux branches supérieures de l'x). Dans de tels pétioles, les branches de cet x ou du T dont il vient d'être question, ne sont assurément pas sans quelque analogie avec la disposition radiée de certains faisceaux qui s'unissent au centre de la racine, ou avec la constitution des stolons radiciformes que présentent quelques Fougères.

» Le défaut d'espace m'oblige à remettre à ma prochaine communication ce qui concerne les feuilles en général. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Deuxième Mémoire sur la densité, la salure et les courants de l'océan Atlantique; par* **M. B. Savy.** (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Les résultats auxquels m'avaient conduit les observations faites pendant ma campagne à Montevideo, m'engageaient à poursuivre mes études sur l'océan Atlantique. Dans la nouvelle campagne que, quelques jours après mon arrivée à Toulon, je recevais l'ordre d'entreprendre, je devais me rendre au Gabon, et, par suite, après avoir contourné la côte d'Afrique, je devais naviguer jusqu'à la naissance même du grand courant équatorial, en me rendant au golfe de Guinée.

» Après avoir vérifié mes instruments, je fis construire un appareil pour puiser l'eau à de grandes profondeurs, et, en dehors des quelques échantillons ramenés des profondeurs de 120 et 240 mètres, sous différentes latitudes, j'ai ramassé, chaque jour de la traversée, une bouteille d'eau de mer de surface. J'ai eu ainsi, à mon retour, 46 échantillons qui ont été soumis à un travail minutieux de laboratoire. M. Fontaine, notre habile pharmacien en chef de l'hôpital maritime de Toulon, a fait sur ces échantillons un travail considérable. Le tableau qui donne les résultats obtenus contient pour chaque échantillon :

» 1° La densité à la température de zéro;

» 2° Le résidu laissé par l'évaporation de 1 litre;

» 3° La quantité de chlorures et de bromures de sodium contenue dans 1 litre.

» La densité à la température de zéro, ramenée à la température effective de la mer au moment où l'échantillon a été puisé, donne la densité effective de la mer sous chaque latitude traversée. La série de ces densités effectives montre la régularité de la décroissance de la densité des eaux de surface, à mesure que des latitudes élevées on s'avance vers l'équateur. Un point important à noter, c'est l'accord des indications de l'aréomètre, pendant la traversée, avec les chiffres donnés par le travail précis du laboratoire. Cet accord fait ressortir la confiance avec laquelle on doit accepter la loi que suit la densité des eaux de surface, loi que j'ai signalée sur les indications de l'aréomètre.

» Pour passer des densités à zéro aux densités effectives, j'ai dû employer des coefficients de dilatation. Je me suis servi de ceux que donne M. Maury pour l'eau de mer; mais les recherches que j'ai dû faire à ce sujet m'ont conduit à la comparaison des dilatations de l'eau de mer et de l'eau distillée. Cette comparaison m'a fait voir que la loi de la dilatation est très-approximativement la même dans les deux liquides, si on les prend tous les deux à une température voisine de celle qui leur donne le maximum de densité; et je suis porté à croire que, dans toutes les solutions salines, la loi de dilatation est identiquement la même, si dans chacune de ces solutions on observe cette loi à partir de la température qui lui donne son maximum de densité.

» Quoi qu'il en soit, comme pour une température donnée, le coefficient de dilatation est d'autant plus grand que la solution est plus concentrée, il s'ensuit que des couches liquides superposées avec des salures différentes se dilatent et se contractent inégalement, sous l'effet d'une même oscillation thermométrique, et que, par suite, les mouvements qui résultent de ces dilatations différentes doivent contribuer pour une large part à la rapide diffusion des sels au sein de la masse liquide.

» Les chiffres donnés par le résidu de l'évaporation de 1 litre d'eau, et ceux qui donnent les quantités de chlorures et bromures de sodium contenues dans 1 litre, sont aussi en parfait accord avec les indications que l'aréomètre m'avait données pour la salure des eaux de surface, et témoignent, mieux encore que cet instrument, de l'existence du maximum de salure aux environs des tropiques. Ce travail de laboratoire m'a fourni les coefficients nécessaires pour passer des indications de l'aréomètre de la marine française à la pesanteur spécifique et à la salure des eaux.

» Enfin l'analyse des eaux puisées à différentes profondeurs fait voir que, très-généralement, sur le trajet que j'ai parcouru, les eaux de surface sont plus salées que les eaux profondes, ce qui est d'accord avec l'hypothèse émise sur la circulation océanique.

» Entre les îles Bissagos et le banc Sainte-Anne, j'ai pourtant ramené, de 240 mètres de profondeur, des eaux plus salées que les eaux de surface; mais je me trouvais ici au milieu d'un des plus singuliers phénomènes que présente la pleine mer, phénomène connu sous le nom de *ripement de marée*. C'est un bouillonnement des eaux, qui agite la surface avec un bruit particulier : dans certains parages, ce bouillonnement vient souvent effrayer le navigateur, qui se croit au milieu de dangereux récifs.

» La discussion des observations que j'ai faites, des circonstances multiples où je me trouvais, et l'analogie avec ce qui s'est passé sous mes yeux dans l'intérieur du fleuve du Gabon, me portent à croire que ce phénomène singulier est dû à deux courants sous-marins se rencontrant dans les profondeurs et s'épanouissant l'un sur l'autre à leur point de rencontre. On conçoit que si l'un de ces courants est constant et l'autre accidentel ou intermittent, le bouillonnement de surface auquel ils donneront lieu pourra prendre les aspects les plus variés. Dans le ripement de marée que j'ai observé aux environs du banc Sainte-Anne, j'attribue l'intermittence de l'un des courants à l'action de la Lune, qui était en opposition en ce moment.

» Les données recueillies pendant la campagne, aussi bien que celles qui m'ont été fournies par le travail de M. Fontaine, ont permis de construire des courbes qui confirment graphiquement la marche de la densité et de la salure à la surface de l'Océan.

» Un fait remarquable est la chute brusque qu'on observe dans la densité des eaux en franchissant au sud un grand cercle qui joindrait les îles du Cap-Vert aux accores du banc Saint-Anne. Ce changement de densité porte à croire que les îles du Cap-Vert sont la véritable extrémité ouest du continent africain, et qu'elles se trouvent au point de croisement de deux grands cercles du réseau pentagonal. L'un de ces grands cercles, passant aux environs du cap Spartel, représenterait la côte nord-ouest du continent africain, et l'autre, passant aux environs du cap Palmas, représenterait la côte sud-ouest du même continent dans l'hémisphère nord. Sur ce dernier grand cercle serait une saillie de la croûte terrestre, saillie sur laquelle viendraient butter les eaux de la nappe profonde de l'hémisphère sud. Ces eaux, par leur émersion, donnent alors lieu au brusque changement de

densité qu'on observe à la surface, sur tout le parcours de la saillie sous-marine.

» La comparaison des températures de l'air et de la mer dans le golfe de Guinée fait voir que, depuis les Bissagos jusqu'au fond du golfe, la température de la mer est toujours plus élevée que celle de l'air. En doublant le cap Palmas, la température de l'eau de surface s'est élevée jusqu'à 31°,1 entre 1 heure et 2 heures de l'après-midi.

» L'étude des courants éprouvés pendant la campagne semble indiquer l'existence, sur la côte d'Afrique, de certains points d'attraction pour les eaux de surface du large. Une cause quelconque augmenterait d'une façon permanente la densité des eaux en ce point, et leur chute dans les profondeurs donnerait lieu à une circulation locale qui, pour les eaux de surface environnantes, se traduit par un mouvement de convergence vers le point d'attraction où elles doivent sombrer à leur retour.

» Je terminerai ce résumé en faisant remarquer que la circulation océanique, à laquelle m'a conduit la distribution de la densité, est à peu près identique à la circulation généralement admise pour l'atmosphère. Cette coïncidence, que je n'avais nullement prévue, et qui est pourtant d'une explication facile, semble se montrer, non-seulement dans la circulation générale, mais encore dans les circulations locales qui engendrent les vents ou les courants locaux. »

MM. Wolf et **André** soumettent au jugement de l'Académie un « Mémoire sur le passage de Mercure du 4 novembre 1868, et les conséquences à en déduire relativement à l'observation du prochain passage de Vénus sur le Soleil ». Les principaux résultats contenus dans ce Mémoire ont déjà été insérés au *Compte rendu* du 25 janvier dernier.

(Commissaires : MM. Laugier, Delaunay, Serret.)

M. Vaffas adresse d'Athènes une démonstration élémentaire du postulatum d'Euclide.

(Commissaires : MM. Liouville, Chasles.)

M. Francisque adresse une nouvelle réclamation, concernant le travail qu'il a soumis au jugement de l'Académie : « Le secret de Pythagore dévoilé ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour la chaire de paléontologie actuellement vacante au Muséum d'histoire naturelle de Paris, par suite de la démission de *M. d'Archiac*.

La Lettre de M. le Ministre sera transmise à la Section d'Anatomie et de Zoologie, et à la Section de Minéralogie et de Géologie.

M. le Ministre de l'Instruction publique transmet à l'Académie un Rapport de *M. Varangeot*, concernant une observation d'une éclipse de Lune, faite le 27 janvier dernier, par 9° 51′ de latitude nord, et 50° 51′ de longitude est, à bord du paquebot *le Mozambique*. L'observation a été faite à l'œil nu : l'auteur accompagne sa description de dessins indiquant les diverses apparences que lui a paru présenter le phénomène.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un volume que vient de publier M. l'abbé *Aoust*, avec ce titre « Analyse infinitésimale des courbes tracées sur une surface quelconque », et donne lecture des passages suivants de la Lettre d'envoi :

« Le livre dont j'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie repose sur un élément géométrique dont je fais usage depuis longtemps, et dont j'ai prouvé l'utilité dans différents Mémoires que cette savante Compagnie a bien voulu accueillir avec faveur. Cet élément est la *courbure inclinée*. J'appelle ainsi, dans un système quelconque de coordonnées, le rapport de l'angle de deux tangentes infiniment voisines de deux lignes coordonnées d'une même série, à l'arc qu'elles déterminent sur la ligne coordonnée de l'autre série; la direction de cette courbure est donnée par l'arc de cercle infiniment petit qui mesure cet angle. Ainsi définie, cette courbure n'offre rien que de précis, soit en intensité, soit en direction. Elle a plusieurs avantages, dont le plus grand est de remplacer par un seul plusieurs éléments géométriques, que l'on serait obligé de faire intervenir si l'on ne faisait usage de cette courbure : de là résulte qu'elle facilite les démonstrations et qu'elle condense les formules, tout en leur laissant un caractère géométrique. Elle donne naissance à plusieurs formules fondamentales d'une grande simplicité.

» *Formules relatives aux composantes de la courbure inclinée.* — Si l'on considère un système de coordonnées tracées sur une surface, et qu'on prenne les composantes de la courbure inclinée suivant le plan tangent et suivant la normale, on trouve des expressions simples pour ces deux composantes, la première étant la somme de la courbure géodésique de la ligne coordonnée et du rapport différentiel de l'angle des lignes coordonnées à l'arc de cette même ligne, la seconde se composant linéairement, par rapport à la composante normale, de la courbure propre, et, à la seconde courbure géodésique, de la même ligne coordonnée. La première formule, page 27 de mon livre, est la même que la formule (10), § XV, de mon Mémoire *sur la Théorie géométrique des lignes coordonnées quelconques*, présenté à l'Académie en février 1862. Dans ce Mémoire, cette formule est démontrée géométriquement par les propriétés angulaires du quadrilatère formé par deux tangentes aux deux lignes coordonnées et les projections sur le plan tangent des deux tangentes infiniment voisines. La seconde, page 77 de mon livre, est la formule (12) de mon Mémoire *sur la Courbure des surfaces*, présenté en 1864 au Comité des Sociétés savantes, et inséré dans la *Revue des Sociétés savantes*, t. VI, p. 411. Je fais un usage incessant de ces deux formules.

» *Formules relatives à la courbure d'une surface.* — Ces formules, qui donnent la courbure de la surface en fonction des composantes normales des courbures propres et des courbures inclinées des lignes coordonnées, sont très-utiles dans les transformations. Ce sont les formules (6) de mon livre, p. 80; elles ont été données antérieurement par moi dans une Note *sur la Courbure* présentée à l'Académie en 1863 (*Comptes rendus*, t. LVII).

» *Formules relatives aux variations des arcs coordonnés.* — Lorsque l'on fait usage des courbures inclinées, la variation d'un arc, laquelle aurait une expression assez complète sans l'intervention de ces courbures, se condense en un seul terme ayant une signification géométrique nettement définie, comme on le voit par les formules (8) et (8′) de mon livre, p. 30 et 34. Ces formules se trouvent aussi et sont démontrées géométriquement dans mon Mémoire *sur la Théorie géométrique des lignes coordonnées*, § XIV. L'expression de la variation de l'arc y contient deux termes, relatifs chacun à une courbure inclinée de l'une des deux lignes coordonnées. Les formules IX de mon livre, p. 32, qui donnent la composante tangentielle de la courbure inclinée en fonction des variations des arcs, sont les mêmes que celles que j'avais déjà établies géométriquement dans le § XII du même Mémoire.

» *Relations entre les variations des courbures inclinées.* — Ces relations, exprimées par les formules (6) de mon livre, p. 40, sont relatives, les unes aux variations des projections tangentielles des courbures inclinées, les autres aux variations des projections normales. Elles sont intuitivement contenues dans les formules (31) de mon troisième Mémoire *sur la Théorie des coordonnées* (*Annali di Matematica del* S. Tortolini, t. VI, p. 84). Car dans ce Mémoire les arcs coordonnés $d\sigma$, $d\sigma_1$, $d\sigma_2$ ont une direction quelconque, et, dans mon livre, un de ces arcs est perpendiculaire à la direction des deux autres. Or, si l'on conserve la notation employée dans mon Mémoire, il n'y a, pour passer du cas général au cas particulier, qu'à supposer que la surface ρ_1 coupe orthogonalement les surfaces ρ et ρ_2; on voit alors, sans rien écrire, que tout facteur des cosinus de θ et de θ_2 disparaît, que toute composante suivant $d\sigma_1$ d'une courbure propre ou inclinée devient normale à la surface ρ_1, qu'enfin toute composante d'une courbure suivant les deux autres axes devient égale à la courbure tangentielle divisée par le sinus ou par la tangente de l'angle θ_1, suivant que cette dernière courbure est oblique ou perpendiculaire à cet arc, et que, par suite du groupement déjà fait dans mes équations (31) des termes relatifs aux courbures de même espèce, on obtient d'emblée, sans le moindre calcul, les équations (6) de mon livre, p. 40. Ce calcul est, en partie, indiqué et effectué dans ma *Théorie géométrique des coordonnées*, § XXVII. On déduit de ces formules (6) la formule de Gauss sous la forme simple que lui a donnée M. Liouville en 1851 (*Journal de Mathématiques*, t. XVI, p. 130), et dont M. Bertrand a donné en 1853 (*Comptes rendus*) une si élégante démonstration géométrique. En effet, il suffit d'éliminer le binôme $\frac{1}{RR_1} - \frac{1}{LL_1}$, entre la première et la deuxième de ces équations (6); le résultat qu'on obtient est la formule de Gauss, sous la forme en question. On en déduit aussi l'expression non moins simple de la courbure d'une surface, en fonction des variations des projections tangentielles des angles de contingence inclinée. Cette expression est donnée par la formule (7) de mon livre, p. 43. Cette formule a été communiquée bien antérieurement par moi, dans une Note explicative de mon Mémoire *sur la Théorie géométrique des coordonnées*, Note adressée en février 1862 à M. Bertrand, l'un des Commissaires chargés de l'examen de ce travail. »

M. **Bertrand**, à l'occasion de la communication faite par M. le Secrétaire perpétuel, ajoute la déclaration suivante :

« M. l'abbé Aoust m'a fait l'honneur de m'adresser, en 1861, quelques-uns des résultats qu'il a démontrés dans son ouvrage, dont la date remonte par conséquent à huit années déjà. Sans prévoir à ce sujet aucune question de priorité, je crois utile de déclarer, conformément au désir de M. l'abbé Aoust, que le savant professeur avait déjà obtenu à cette époque des relations élégantes entre les variations des angles de contingences géodésiques des lignes quelconques formant sur une surface un système de coordonnées. »

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance, une brochure de *M. Vicaire*, extraite du Bulletin de la Société de l'industrie minérale, et intitulée « Sur l'emploi des combustibles inférieurs dans la métallurgie du fer, et spécialement sur le four à sciure de bois de M. Lundin ». M. le Secrétaire donne lecture des passages suivants de la Lettre d'envoi :

« J'examine les conséquences que peuvent avoir pour l'industrie du fer certaines inventions récentes, et principalement celle des fours à régénérateurs de MM. Siemens. Je montre qu'en donnant la possibilité de chauffer les fours à réverbère à la température nécessaire pour souder le fer à l'aide des plus mauvais combustibles, les nouveaux procédés peuvent changer complétement la situation des pays de forges éloignées des houillères. En particulier, je crois avoir établi par des chiffres sérieux que, dans des conditions qui ne sont pas très-rares en France, les forges au bois pourraient, par une application intelligente de ces procédés, soutenir la concurrence des forges à la houille.

» Dans le cours de ce travail, j'ai été conduit à examiner théoriquement des questions importantes. Ainsi, j'ai cherché à exposer d'une façon précise les principes à suivre dans la production des gaz combustibles en métallurgie; je montre, d'une manière plus nette, je crois, qu'on ne l'avait encore fait, les avantages que présentent l'emploi des combustibles sous forme gazeuse et la combustion de ces gaz par l'air chaud. J'établis la distinction entre la chaleur *utilisable* dans une opération donnée, et la chaleur réellement *utilisée*, et je montre que celle-ci augmente avec la température de la flamme.

» Enfin, dans une assez longue digression, je cherche à établir les principales conséquences pratiques du fait de la *dissociation* en suivant les principes exposés dans une Note que M. H. Sainte-Claire Deville, à qui est

due cette découverte si féconde, a bien voulu présenter à l'Académie dans sa séance du 28 décembre dernier : c'est précisément à l'occasion du travail actuel que j'ai été conduit à étudier de plus près cette question. »

M. **Élie de Beaumont**, en présentant à l'Académie, de la part de *MM. Delesse* et *de Lapparent*, le tome VI de la *Revue de Géologie*, lit le passage suivant de la Lettre d'envoi :

« Dans cet ouvrage, nous nous proposons de résumer et, lorsque cela nous paraît nécessaire, de discuter les travaux si nombreux de Géologie qui paraissent chaque année. Nous nous occupons plus particulièrement de ceux qui sont publiés à l'étranger, car ils sont généralement peu connus en France. On trouvera d'ailleurs dans le volume actuel une Notice sur les matériaux de construction qui figuraient à l'Exposition universelle de 1867 et des analyses inédites de roches qui nous ont été communiquées directement. »

M. **Zantedeschi** fait hommage à l'Académie de deux opuscules imprimés en italien, accompagnés de deux Lettres, en date des 15 et 21 février 1869, écrites dans la même langue, et contenant les énonciations suivantes :

« Le premier opuscule, dont le manuscrit a été déposé à l'Athénée de Brescia le 17 janvier 1865 et imprimé la même année, présente pour la première fois les lois du climat de Padoue déduites des observations du marquis Poleni, du professeur Morgagni, des astronomes Toaldo et Chiminello, et des adjoints attachés à l'Observatoire de Padoue, sous la direction du professeur Santini, observations faites de 1725 à 1860 et qui embrassent une période non interrompue de cent trente-six ans.

» Dans le second opuscule, l'auteur donne les dates précises de cinq inventions relatives aux applications de l'électricité, dues à des physiciens italiens. Le télégraphe électrique à étincelles, de Bozzolo, à Rome, a une date antérieure à 1767. « De nos jours, dit M. Zantedeschi, j'ai vu le télégraphe » électrique aérien à étincelles, établi sur le haut de l'arc de triomphe de » Porte-Neuve à Vérone, sur lequel était placé un puissant appareil électro- » moteur de Bunsen. La lumière de l'étincelle électrique produite entre les » deux pôles était réfléchie dans un miroir concave et envoyée sur une » surface de la tour della Gabbia à Mantoue. Par la combinaison des » étincelles on formait des syllabes et des mots, et ainsi s'établissait la com- » munication des pensées entre Vérone et Mantoue. Avec un second électro-

» moteur, établi sur la tour de Mantoue, on aurait pu en compléter l'échange, » même pendant un siége. »

» Les quatre autres inventions sont :

» 1° Pavie, 1802 : Brugnatelli, dorure électrique des médailles d'argent; 2° Venise, 1840 : Zantedeschi, gravure électrique artistique des dessins à l'encre cohibente; 3° Modène, 1841 : Marianini (Étienne), l'électrographie; 4° Trente, 1802 : Romagnosi, l'aiguille magnétique dessinant par un courant voltaïque.

» Dans quatre feuillets imprimés joints au même opuscule, l'auteur parle encore : 1° du télégraphe électrique sans fil joignant les deux stations, de l'Américain Mower; 2° de son propre éclipsiostat universel; 3° et 4° des observations analogues à celles de 1868, faites déjà par lui-même pendant l'éclipse de 1842. »

HYDRAULIQUE. — *Moyen pratique et simple de faire des épuisements par l'oscillation des vagues dans un tube recourbé verticalement; moyen proposé pour les marais de la Camargue et les marais Pontins;* par **M. A. de Caligny.** (Extrait.)

« L'effet utile de l'appareil dont il a déjà été plusieurs fois question dans les séances de l'Académie est toujours un peu plus grand pour la machine considérée comme appareil à faire des épuisements, que lorsqu'elle est considérée comme élevant de l'eau au-dessus du niveau d'où descend l'eau motrice. Cela vient en partie de ce que le tuyau de conduite se termine par un ajutage divergent à l'extrémité qui débouche dans l'écluse.

» Quand il s'agit d'utiliser les vagues, si l'on n'a pas à sa disposition une chute d'eau motrice, on peut y suppléer par le principe de l'oscillation, qui permet de faire descendre l'eau alternativement au-dessous du niveau de celle d'un marais qu'on veut épuiser, pourvu que ce niveau ne soit pas au-dessous d'une certaine limite, relative à la hauteur ordinaire des vagues dans la localité où l'on veut opérer. Il m'a été assez difficile d'avoir des renseignements sur la hauteur ordinaire des vagues, près des marais qu'on n'a pu épuiser jusqu'à ce jour, sur les bords de la Méditerranée. Mais je crois savoir enfin qu'elle donnera lieu à des effets suffisants pour faire des épuisements dans les marais de la Camargue.

» J'ai depuis longtemps parlé à la Société Philomathique du principe qui fait l'objet de cette Note, mais les premiers renseignements qui m'avaient été donnés sur l'état de la mer dans les environs des marais de la Camargue m'avaient empêché d'en proposer plus sérieusement l'application.

» On conçoit que, si un tube horizontal, ou recourbé selon certaines lois, est convenablement évasé du côté de la mer et se recourbe verticalement par son autre extrémité, aussi toujours ouverte, le choc des flots y fera élever l'eau au-dessus du niveau de la mer. Il y a, dans les rochers naturels, des effets de ce genre signalés par les voyageurs sur certaines côtes de la Méditerranée. Mais personne n'avait remarqué que, si un tuyau du genre de celui dont je viens de parler est enfoncé assez profondément, sa partie supérieure, dépassant convenablement le niveau de la mer, la colonne liquide, après y être montée, redescendra par oscillations au-dessous de ce niveau. De sorte que, si un clapet est disposé de manière à permettre à l'eau d'un marais d'entrer dans ce tuyau, sans pouvoir rentrer dans le marais, l'eau à épuiser se mêlera à celle du système, d'où elle sera alternativement chassée par l'extrémité inférieure de celui-ci.

» Le calcul des effets de cette machine, extrêmement simple, se complique par suite d'un phénomène qui a fait l'objet d'un Mémoire sur l'explication des fontaines intermittentes sous-marines : ce Mémoire a été publié en 1843 dans le *Journal de Mathématiques* de M. Liouville; il est suivi d'une Note de M. Combes, qui voulut bien, à ma prière, développer par l'analyse la théorie que j'en avais donnée moi-même. Cette Note de M. Combes a été mentionnée, ou même reproduite en entier, dans divers ouvrages.

» Il résulte, des expériences et des considérations que j'ai présentées dans ce Mémoire, que l'état d'oscillation d'une colonne liquide dans un tube vertical diminue la moyenne des pressions de l'eau sur les parois de ce tube; de sorte que, dans certaines conditions, on a une cause nouvelle et puissante d'introduction de l'eau de l'extérieur à l'intérieur. Or, cette cause ne doit pas être confondue avec ce que j'ai expliqué ci-dessus, relativement à la manière dont la simple baisse alternative d'une colonne liquide devait suffire pour introduire nécessairement de l'eau, parce qu'il y avait un clapet latéral, empêchant cette eau de retourner d'où elle était venue, tandis que ce clapet n'est pas absolument indispensable, quoiqu'il soit toujours prudent de l'employer dans la pratique.

» Pour appliquer, autant que le permettront les dimensions de l'appareil, tout le travail qu'il est permis d'espérer d'utiliser, il sera intéressant de joindre aux considérations précédentes quelques études sur la longueur des vagues dans la localité dont il s'agira. Il ne paraît pas, en effet, impossible d'utiliser les alternatives de gonflement et de dépression, qui peuvent donner lieu à des oscillations dans le tuyau dont il s'agit, même abstraction faite de choc proprement dit des flots. Mais, sans entrer dans les détails de

ce genre, je me bornerai à signaler ici l'extrême simplicité d'un moyen d'utiliser des effets d'oscillation, qui n'avaient été remarqués que comme dépendant du choc des vagues. »

PHYSIQUE. — *Rôle de la capillarité dans les phénomènes physiques et chimiques qui ont pour effet le dégagement d'un gaz ou d'une vapeur.* Note de **M. J.-Ch. d'Almeida**, présentée par M. Jamin.

« Lorsqu'au sein d'un liquide des bulles gazeuses se forment sur la surface d'un métal, les phénomènes qui en résultent sont très-différents, selon que la surface est polie ou ne l'est pas. Dans le premier cas, les bulles demeurent adhérentes dans une immobilité d'autant plus complète que le poli est plus parfait. Elles vont en grossissant sur place jusqu'à ce que leur force ascensionnelle croissante les contraigne à s'élever, ou qu'une perturbation étrangère les oblige à quitter les points où elles sont attachées. Lorsqu'au contraire la surface est rugueuse, couverte d'aspérités, les bulles ne restent pas fixées au métal. Elles montent dans le liquide avant d'être gonflées notablement, et s'élèvent d'autant plus petites que les inégalités superficielles sont plus resserrées; elles semblent même s'échapper avec hâte comme chassées par une force répulsive.

» Cette différence si profonde, observée certainement depuis longtemps, et que j'ai cherché à mettre en relief par l'étude du zinc amalgamé, est due à un mécanisme dont on trouve la raison en se rendant un compte exact de l'état d'une surface dépolie.

» Un cas particulier va fixer les idées. Plaçons une lame de zinc dans l'acide sulfurique étendu; elle est attaquée. L'acide ronge inégalement les divers points; par l'effet d'irrégularités soit physiques, soit chimiques, il agit vivement en ceux-ci et y creuse des cavités, il respecte ceux-là qui demeurent comme des pics élevés dominant les vallées environnantes. A leur sommet, que l'acide enveloppe depuis longtemps, ces pics sont étroits; à leur base, que l'acide ne touche que depuis peu, ils ont plus de largeur. En un mot, la surface du métal est l'image en petit d'un pays de montagnes: ce dont on peut s'assurer directement en l'observant au microscope. La dégradation des pentes s'opère d'ailleurs selon les mêmes lois, et s'il m'est permis de suivre cette comparaison, je dirai que des collines et vallées moins importantes parsèment à leurs divers niveaux les pentes de chaque hauteur principale, qui offre une représentation amoindrie de l'ensemble. Enfin, quand le métal est compacte et qu'il n'a pas d'avance de solutions

de continuité, il ne se creuse jamais de larges cavités à ouverture étroite : la preuve de ceci ressortira de ce qui va suivre.

» En un point de cette surface accidentée, suivons la formation et le développement d'une bulle. Lorsque cette bulle prend naissance sur un sommet aigu, elle n'a que peu de points d'attache; elle est faiblement retenue. Elle s'enlève avant d'avoir pu grossir; c'est évident, et ces sortes de bulles ne doivent pas arrêter plus longtemps notre attention.

» Mais lorsqu'une bulle se développe entre plusieurs élévations et qu'elle est assez grosse pour toucher les pentes de quelques-unes d'entre elles, certes les points d'attache ne lui manquent pas; elle en possède de divers côtés. Pourquoi ne reste-t-elle pas fixée? Pourquoi n'est-elle pas plus adhérente que sur une surface polie qu'elle touche en un seul point? Pourquoi même est-elle chassée? La réponse à ces questions se trouve dans l'examen de la forme de la bulle et dans l'application des lois de la capillarité.

» En effet, la bulle, resserrée dans un espace qui s'élargit vers le dehors, prend une forme ovoïde. Si les parois de la cavité avaient la régularité d'un cône à base circulaire, l'ovoïde serait parfait pour un développement convenable de la bulle; il présenterait son gros bout tourné vers le dehors et l'autre bout tourné vers le dedans. Cette forme régulière doit être exceptionnelle, il est vrai; mais quelque déformation que la bulle subisse par les accidents du relief, elle ne se trouvera pas moins toujours plus effilée vers le bas et plus élargie vers le haut. Deux ménisques liquides enveloppent donc les deux extrémités inégales : l'un de petit rayon de courbure exerce une pression supérieure à celle qui est produite par le ménisque de rayon plus grand. La bulle poussée vers le dehors par l'action capillaire rompt ses attaches et s'échappe malgré l'action exercée par le métal pour la retenir.

» L'activité du départ des bulles est singulièrement favorisée par la structure même des parois le long desquelles elles s'appuient. Ces parois latérales, en effet, se trouvent creusées de vallées secondaires qui sont en tout semblables aux premières et d'où sortent sans cesse avec impétuosité de petites bulles qui poussent la bulle principale et ne lui laissent qu'un nombre très-restreint de points d'attache ou même la séparent de tout contact avec le métal. Elle s'échappe : la résistance du liquide à traverser présente seule un obstacle au mouvement.

» Une expérience assez nette montre la réalité de cette théorie. Une lame de zinc de forme rectangulaire a été réunie avec une lame de verre exactement de mêmes dimensions. Elles se touchent toutes deux le long de l'une de leurs arêtes communes, et font entre elles un petit angle dièdre. On place

cet appareil dans l'acide sulfurique étendu. Quand il est plein de la dissolution, on dispose l'ouverture vers le bas et l'arête commune vers le haut. On voit alors les bulles d'hydrogène, qui se dégagent en s'écartant de l'arête, descendre comme une multitude vers l'ouverture; elles avancent si tumultueuses et avec une telle activité, qu'elles semblent avoir hâte de sortir malgré la direction de leur marche si contraire à celle qu'un gaz prend au sein d'un liquide. Il n'est pas besoin d'ajouter que, dans toute autre position de l'appareil, les bulles s'écartent toujours de l'arête : avec cette disposition on est maître de leurs mouvements.

» Puisque le mécanisme qui pousse les bulles d'hydrogène et les oblige à se séparer du métal est connu, il est facile de l'appliquer dans les circonstances où les bulles restent adhérentes. Par un artifice que la théorie précédente indique, il est possible de les tirer de leur immobilité et de les contraindre à se mettre en mouvement. Une lame de zinc amalgamé n'est pas sensiblement attaquée par l'acide sulfurique étendu; elle ne l'est pas, parce que, on le sait, des bulles d'hydrogène restent fixées à la surface métallique qu'elles protégent. Pour les chasser, il suffira donc de couvrir le zinc d'une lame de verre qui s'adapte sur elle et constitue un appareil semblable à celui de l'expérience précédente. En effet, un dièdre étant ainsi formé, des bulles courent avec rapidité vers l'ouverture, et leur succession constante témoigne de la continuité de l'attaque. Ainsi la simple juxtaposition d'une lame de verre demeurant immobile rend continue une action chimique, qui, dans les circonstances ordinaires, s'arrête assez nettement pour qu'on ait longtemps ignoré son existence.

» Cette théorie s'applique évidemment à une série nombreuse de phénomènes qu'un dégagement de gaz accompagne, et même aux phénomènes tels que l'ébullition qui ont pour effet la production d'une vapeur. Voici quelques exemples choisis parmi un grand nombre d'autres; ils se rapportent à la polarisation des électrodes servant à la décomposition de l'eau.

» L'influence de l'état de la surface sur la valeur de cette polarisation a été étudiée d'abord par M. Poggendorff, dès 1847 (1), et ensuite par un grand nombre d'autres physiciens. Tous s'accordent sur ce point, c'est que la polarisation des électrodes est d'autant plus énergique que les métaux sont plus polis. Notre théorie en donne la raison : sur le métal poli le gaz reste adhérent et exerce puissamment son action polarisante. Au contraire,

(1) *Poggendorff's Annalen*, t. LXX, p. 177; année 1847.

les bulles gazeuses sont chassées du métal dépoli. L'action voltaïque qu'elles exercent est peu notable comme on devait s'y attendre. Le nombre de points mis à découvert par le mouvement des bulles devient à chaque instant considérable. Quelque portion du gaz développé peut bien, il est vrai, s'unir chimiquement au métal, mais les composés qui se forment, sauf celui du palladium (1), sont tellement instables, que la faible durée du contact des bulles diminue la grandeur de cette combinaison momentanée.

» La constance de la pile de Smée admet exactement la même explication. Le dépôt de platine qui recouvre la lame conductrice, dépôt qui a été obtenu par le courant et dont les premières assises se sont élargies pendant que les dernières venaient former les pointes des sommets élevés; ce dépôt, dis-je, constitue une surface éminemment convenable au dégagement gazeux : aussi les bulles petites et nombreuses s'échappent-elles avec vivacité de la lame d'argent platiné où elles prennent naissance.

» Une autre pile, que mon collègue et ami M. Adolphe Martin m'a fait connaître, la pile de Poggendorff, est admirablement construite pour mettre en évidence notre théorie. C'est une pile simple formée de cuivre et de zinc plongés dans l'acide sulfurique étendu. Mais par un procédé convenable, la lame de cuivre est recouverte d'une multitude d'aiguilles de cuivre, qui donnent à la surface une apparence veloutée, tant elles sont nombreuses. Le courant produit par un élément ainsi constitué est d'une constance remarquable. Ce résultat est facile à expliquer : la polarisation par l'hydrogène doit, en effet, être très-médiocre, puisque ce gaz est chassé dès qu'il se forme.

» Je continue à travailler dans l'ordre d'idées qui vient d'être exposé, et j'espère montrer qu'à d'autres points de vue encore la capillarité joue un rôle dans les phénomènes chimiques. »

CHIMIE. — *De l'influence que la pression exerce sur les phénomènes chimiques.* Note de **M. Berthelot**, présentée par M. Bertrand.

« La pression peut-elle réellement faire équilibre à l'affinité chimique et dans quelles conditions? C'est là une question fort controversée, et qui se trouve soulevée de nouveau par les observations intéressantes de M. Cailletet. Ce savant annonce que l'attaque du zinc par les acides et le dégagement d'hydrogène qui en résulte sont extrêmement ralentis, sinon

(1) Graham, *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 101; année 1869.

même arrêtés, lorsqu'on opère sous une forte pression : ses observations s'accordent avec celles de M. Babinet (1) et de plusieurs autres savants.

» J'ai eu occasion de faire intervenir bien des fois la pression dans les réactions chimiques, et je me propose de revenir sur son rôle véritable; mais je dois dire d'abord que la réaction des acides sur les métaux et le dégagement d'hydrogène ne me paraissent pas être empêchés par la pression directement et en dehors de toute complication accessoire.

» Il est facile de s'assurer que la pression n'empêche point en définitive, et par elle-même, l'attaque du zinc par les acides; j'ai fait, il y a douze ans, l'expérience suivante à cet égard, simple confirmation des observations analogues dues à Faraday, à Gmelin et à divers autres (2).

» J'ai pris un tube de verre vert, fermé par un bout, d'un diamètre intérieur égal à 6 millimètres et d'une épaisseur telle, que le tube pût résister aux pressions intérieures, tant que celles-ci ne dépasseraient pas 180 atmosphères : cette résistance a été mesurée directement sur une autre portion du même tube. J'ai introduit dans ledit tube 10 grammes de zinc grenaillé, j'ai étranglé en entonnoir l'extrémité ouverte, puis j'y ai versé de l'acide sulfurique étendu d'eau, dans une proportion telle que le sulfate de zinc ne pût pas cristalliser (10 parties d'eau environ). Le poids de l'acide introduit était capable de dégager 230 centimètres cubes d'hydrogène. Le vide laissé à la partie supérieure du tube s'élevait à 1 centimètre cube, de telle sorte que la pression maximum qui pût se développer dans l'appareil clos demeurât inférieure à 230 atmosphères (en tenant compte de la solubilité de l'hydrogène dans la liqueur).

» Aussitôt après l'introduction de l'acide, j'ai scellé le tube à la lampe et je l'ai déposé sur un support, le tube étant vertical et le zinc placé vers sa partie supérieure, afin de permettre au liquide saturé de sulfate de zinc qui se forme à la surface du métal de s'écouler à mesure vers le bas du tube.

» La réaction, d'abord vive, a semblé presque aussitôt s'arrêter, ou plutôt devenir presque insensible. Cependant, au bout de quelques heures, le tube s'est brisé avec une violente explosion. Le dégagement de l'hydrogène n'avait donc pas été empêché, mais seulement ralenti. D'ailleurs les nombres cités plus haut prouvent que la réaction, pour développer une pression supérieure à 180 atmosphères, a dû être presque complète.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXXVII, p. 183.

(2) *Voir* aussi les expériences très-nettes de M. Favre, relatives à l'influence de la pression sur l'électrolyse, laquelle n'en est pas empêchée (*Comptes rendus*, t. LI, p. 1028).

» Les causes qui ralentissent le dégagement de l'hydrogène dans cette réaction sont dues à des complications secondaires, indépendantes de l'affinité proprement dite, telles que la saturation locale de la couche acide placée à la surface du zinc et diverses autres que je vais signaler. L'acide étant saturé au contact, l'attaque cesse jusqu'à ce que les mouvements du liquide ou la diffusion aient ramené une nouvelle proportion d'acide. Mais l'action de la diffusion est lente, et les mouvements du liquide, déjà entravés par l'étroit diamètre des tubes, sont d'autant plus limités que le nombre et le volume des bulles gazeuses diminuent davantage; or ce volume décroît à mesure que la pression augmente, et réciproquement. En outre, l'hydrogène paraît former d'abord à la surface du zinc une sorte de couche superficielle et adhérente (1), comme il résulte des observations des physiciens sur la polarisation des électrodes : l'agitation, le frottement ou l'action du vide sont nécessaires pour détacher cette couche d'hydrogène, qui tend à isoler le métal au sein du liquide acide. Ce n'est donc point la pression qui arrête directement le dégagement de l'hydrogène.

» Je ne veux point dire que la pression ne puisse intervenir en chimie; mais c'est en général dans des réactions d'un ordre différent et plutôt en changeant les masses relatives des corps réagissants que par ses effets mécaniques proprement dits. Elle intervient, par exemple, en maintenant en contact, sous une masse suffisante et pendant un temps convenable, certains corps susceptibles d'exercer par eux-mêmes, et indépendamment de la pression, leurs actions réciproques, toutes les fois que ces corps tendraient à se séparer à cause de l'état gazeux des uns, opposé à l'état solide ou liquide des autres. La pression intervient encore dans les réactions limitées par l'existence des réactions inverses, telles que les phénomènes de dissociation et l'équilibre mobile des réactions éthérées (2) et des réactions pyrogénées. Par exemple, j'ai reconnu que la formation des éthers par la réaction d'un acide sur un alcool, aussi bien que la décomposition inverse des éthers par l'eau, sont influencées dans leur vitesse et dans leur limite par l'état de condensation de la matière. En opérant sur des systèmes gazeux, on observe que les réactions sont d'autant plus lentes que la matière est plus dilatée. Au contraire, plus la matière est condensée, plus on voit

---

(1) Peut-être se forme-t-il aussi quelque combinaison temporaire; mais ce serait toujours là le produit d'une affinité que la pression n'empêche point d'agir.

(2) *Recherches sur les Affinités* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LXVI, p. 41 et 59; t. LXVIII, p. 239).

s'élever la limite de la décomposition des éthers par l'eau; or c'est là précisément celui des deux phénomènes inverses qui donne lieu à un dégagement de chaleur. Opère-t-on sur des systèmes liquides, circonstance dans laquelle les effets de la pression peuvent être très nettement distingués des effets dus à la condensation de la matière : on observe alors que la formation des éthers n'est pas influencée sensiblement par des pressions qui varient entre 1 et 100 atmosphères. Ce sont là des résultats d'autant plus nets qu'ils ont été observés sur des systèmes homogènes et qui demeurent tels. Les dissociations doivent donner lieu à des relations analogues.

» Mais la réaction des acides sur les métaux n'est ni une action lente, ni une action limitée par la réaction inverse : elle appartient à la classe des réactions déterminées par le signe des quantités de chaleur dégagées dans lesdites réactions. La pression seule ne paraît pas susceptible d'empêcher le dégagement de l'hydrogène par le zinc dans l'acide sulfurique étendu, pas plus qu'elle n'empêche le déplacement du cuivre par le zinc dans le sulfate de cuivre dissous. Les deux réactions sont en effet semblables; si le zinc déplace le cuivre, c'est parce que la formation du sulfate de zinc dégage plus de chaleur que la formation du sulfate de cuivre, toutes choses égales d'ailleurs. De même le zinc déplace l'hydrogène, parce que la formation du sulfate de zinc dégage plus de chaleur que la formation du sulfate d'hydrogène. Or cet excès ne saurait être qu'augmenté par la condensation plus grande de l'hydrogène. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse du phénol.* Note de **M. Berthelot**, présentée par M. Bertrand.

« Dans la pensée d'expliquer les propriétés singulières du phénol, $C^{12}H^6O^2$, par celles de l'acétylène, générateur fondamental de la benzine, $C^{12}H^6$, j'ai cherché à transformer l'acétylène, C^4H^2, en un alcool correspondant, $C^4H^2O^2$. A cette fin je me suis servi à dessein du procédé à l'aide duquel MM. Wurtz, Dusart et Kekulé ont changé la benzine en phénol.

» J'ai combiné d'abord l'acétylène avec l'acide sulfurique fumant, ce qui a formé l'acide acétylénosulfurique, fort distinct de l'acide acétylsulfurique que j'avais obtenu précédemment au moyen de l'acide sulfurique ordinaire. Car l'acide acétylsulfurique est décomposé lentement par un excès d'eau en alcool acétylique et acide sulfurique, tandis que le nouvel acide résiste à l'action de l'eau bouillante. C'est la même différence qui existe entre l'acide éthylsulfurique et l'acide éthylénosulfurique (isé-

thionique). J'ai préparé l'acétylénosulfate de potasse, sel difficilement cristallisable et soluble dans l'alcool ordinaire; puis j'ai décomposé ce sel par la potasse en fusion. J'ai obtenu ainsi, non l'alcool cherché $C^4H^2O^2$, mais le phénol lui-même, $C^{12}H^6O^2$, en proportion considérable.

» La formation du phénol s'explique par une condensation moléculaire, analogue à celle qui transforme l'acétylène en benzine. En effet

l'acide benzinosulfurique, $C^{12}H^6S^2O^6$,
et l'acide acétylénosulfurique, $C^4H^2S^2O^6 + nH^2O^2$,

ne peuvent différer que par la proportion d'acide sulfurique combiné, puisque la benzine résulte de l'union de 3 molécules d'acétylène. Sous l'influence de l'hydrate de potasse, l'excès d'acide est éliminé et l'acétylène se condense au moment même où il s'oxyde :

$$3C^4H^2 + O^2 = C^{12}H^6O^2,$$

en vertu d'un mécanisme analogue à celui qui change la benzine en phénol :

$$C^{12}H^6 + O^2 = C^{12}H^6O^2.$$

» Les caractères du phénol sont une conséquence de sa génération par l'acétylène, comme le montrent les formules suivantes :

	Acétylène...........	$C^4H^2(-)(-)$	
Hydrure d'éthylène.	$C^4H^2(H^2)(H^2)$	Alcool.........	$C^4H^2(H^2)(H^2O^2)$
Benzine.........	$C^4H^2(C^4H^2)(C^4H^2)$	Phénol	$C^4H^2(C^4H^2)(C^4H^2O^2)$

» On conçoit qu'un alcool dérivé de $C^4H^2O^2$ doive offrir des propriétés fort différentes d'un alcool proprement dit, dérivé de H^2O^2. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la teneur de certains produits naturels en acide nitreux.* Note de **M. Chabrier.**

« 1. *Dosages d'acide nitreux dans les lessives de terres salpêtrées.* — Ces lessives proviennent de terres extraites de l'ancien village de Biskra; elles ont été, suivant la pratique de nos ateliers, disposées sans distinction de provenance dans des bassins plats et abandonnées à l'évaporation spontanée, qui est très-active pendant six mois de l'année dans le Sahara algérien. Elles marquent d'ordinaire de 30 à 40 degrés de l'aréomètre, lorsqu'on commence à les traiter par la chaux, pour les débarrasser de la magnésie. C'est à ce moment qu'ont été prélevés les échantillons sur lesquels ont porté les essais.

» Un premier dosage, fait sur 10 centimètres cubes marquant 35 degrés à l'aréomètre, a consommé 32 divisions d'hyposulfite de soude titré, pour décolorer l'iodure d'amidon produit par l'action de l'acide nitreux; ce nombre correspond à $1^{gr},216$ d'acide nitreux par litre.

» Un deuxième dosage, accompli sur une autre lessive de même degré, a employé 33 divisions d'hyposulfite, correspondant à $1^{gr},265$ d'acide nitreux par litre.

» Enfin, dans un autre dosage, exécuté sur 10 centimètres cubes d'eau de lessive à 39 degrés de l'aréomètre, la décoloration complète de l'iodure d'amidon a été obtenue au moyen de 47,5 divisions de liqueur titrée d'hyposulfite alcalin, correspondant à $1^{gr},805$ d'acide nitreux par litre.

» On peut évaluer à 15 ou 20 kilogrammes le poids de terre salpêtrée, correspondant à 1 litre de lessive amenée aux degrés de concentration que j'ai indiqués. La teneur de cette terre en acide nitreux serait donc, autant qu'on peut en juger par une semblable approximation, de $0^{gr},09$ à $0^{gr},10$ d'acide nitreux par kilogramme.

» 2. *Dosages d'acide nitreux exécutés sur des échantillons de terre séparés et déterminés.* — 100 grammes de terre, prise dans un gîte exploité au mois d'octobre dernier, ont été épuisés par de l'eau distillée. La lessive a été concentrée jusqu'à un volume de 1 centimètre cube environ. L'essai a consommé 5 divisions d'hyposulfite de soude titré: soit, pour 1 kilogramme de terre, 50 divisions correspondant à $0^{gr},017$ d'acide nitreux.

» 100 grammes de terre, pris vers le fond d'une tranchée pratiquée dans le massif du vieux Biskra, au milieu des ruines d'une maison enfouie depuis longtemps, ont consommé, dans les mêmes conditions que ci-dessus, 18 divisions : soit, pour 1 kilogramme, 180 divisions, correspondant à $0^{gr},0684$.

» 3. *Dosages d'acide nitreux dans les eaux mères de la fabrication du salpêtre.* — Dans le dosage exécuté sur 10 centimètres cubes d'eau mère (*a*) comme précédemment, la quantité d'hyposulfite nécessaire pour amener la décoloration complète de l'iodure d'amidon produit a été évaluée à 1,33 divisions, correspondant à $0^{gr},06054$ d'acide nitreux par litre.

» Le même dosage, exécuté sur une eau mère (*b*) provenant d'une autre cristallisation de salpêtre, obtenue à Constantine par l'évaporation des eaux de lavage du salpêtre brut, a consommé pour 10 centimètres cubes 2 divisions d'hyposulfite titré, correspondant à $0^{gr},076$ d'acide nitreux par litre.

» Enfin un dosage exécuté sur 10 centimètres cubes de liquide, prove-

nant du traitement par un lait de chaux de l'eau mère (a), a donné 0,5 division, correspondant à 0gr,019 d'acide nitreux par litre.

» On ne sera pas surpris de voir la teneur des eaux mères en acide nitreux si faible par rapport à celle des eaux de lessive concentrées : on sait en effet que les nitrites en dissolution, soumis pendant un certain temps à l'ébullition, se transforment en nitrates.

» Comme vérification de ce dernier fait, j'ai soumis 100 centimètres cubes d'une liqueur contenant 0gr,566 de nitrate de soude à une ébullition prolongée, durant laquelle les pertes provenant de l'évaporation étaient compensées par des additions d'eau distillée. Ces 100 centimètres cubes de liquide, qui contenaient au commencement de l'opération 0gr,566 de nitrite de soude, n'en accusaient plus, après trois heures d'ébullition, que 0gr,22.

» 4. *Dosages d'acide nitreux dans les écumes de salpêtre lavées à l'eau.* — Dans les chaudières à salpêtre, on enlève des quantités plus ou moins grandes d'écumes très-riches en nitrate, et qui sont lavées à l'eau pure dans des cuviers, puis sont rejetées. Une certaine quantité de cette substance ainsi lavée, abandonnée à l'air pendant plusieurs mois, ayant été recueillie en vue de certaines recherches et conservée dans un flacon, j'eus la curiosité de soumettre à un dosage d'acide nitreux le liquide surnageant au-dessus, l'épais dépôt qui peu à peu s'était formé au fond de la bouteille.

» 10 centimètres cubes de ce liquide ont exigé 24 divisions d'hyposulfite de soude titré, pour amener la décoloration de l'iodure d'amidon produit; ce nombre correspond à 0gr,09 d'acide nitreux par litre.

» 5. *Dosage de l'acide nitreux dans l'eau de pluie.* — Je signalerai, en terminant cette Note, les résultats obtenus en dosant l'acide nitreux dans l'eau de pluie (1). Un litre d'eau de pluie, recueilli le 18 décembre 1868 au moyen de grands entonnoirs en verre et après trois jours de pluie continue, puis réduit à quelques centimètres cubes par une concentration opérée à une température inférieure à 90 degrés, a été soumis au dosage. Ce liquide a exigé, pour la décoloration définitive de l'iodure d'amidon produit, une quantité d'hyposulfite de soude évaluée à 3,75 divisions correspondant à 0gr,001425 d'acide nitreux, lequel équivaut à 0gr,002025 d'acide nitrique.

» Deux litres d'eau de pluie recueillis le 20 janvier 1869, et concentrés dans les mêmes conditions que le précédent, ont consommé 8,10 divisions

---

(1) En faisant remarquer d'ailleurs que la présence de cet acide dans les eaux météoriques a été signalée par M. Schönbein, mais sans déterminations précises.

correspondant à $0^{gr},00342$ d'acide nitrique, lequel équivaut à $0^{gr},00486$ d'acide nitrique, ou $0^{gr},00243$ par litre.

» Si l'on rapproche ces nombres des quantités d'acide nitrique considérées comme résultant des dosages opérés jusqu'ici sur l'eau de pluie, il est bien permis de croire que ce que l'on a considéré comme de l'acide nitrique n'était originairement, du moins en grande partie, que de l'acide nitreux, sur l'identité duquel on a pu se méprendre par suite de la similitude de réaction des deux acides sur l'indigo, en présence de l'acide chlorhydrique et à l'aide de la chaleur, soit qu'on ait opéré directement et sans précaution préalable sur l'eau de pluie concentrée, soit qu'on ait procédé au moyen de la distillation en présence de l'acide sulfurique et en s'aidant d'une réaction oxydante pour brûler les matières organiques colorantes; auquel cas ce serait bien réellement de l'acide nitrique que l'on aurait dosé; mais cet acide nitrique serait, on le voit, un produit de l'opération elle-même, et non une substance préexistante dans l'eau de pluie. »

TOXICOLOGIE. — *Emploi de l'essence de térébenthine pour combattre l'empoisonnement par le phosphore.* Note de **M. J. Personne**, présentée par M. Bussy.

« L'action toxique du phosphore est presque complétement substituée, de nos jours, à celle de l'arsenic, dans les homicides criminels ou accidentels : M. Ambroise Tardieu nous apprend, en effet, que les statistiques criminelles placent le phosphore au premier rang des substances vénéneuses employées dans ce but. Cette substitution, causée par l'usage si répandu des allumettes chimiques et de la pâte phosphorée pour détruire les animaux nuisibles, est d'autant plus dangereuse que la médecine ne possédant, jusqu'à ce jour, aucun antidote pour combattre cet empoisonnement, les victimes sont presque fatalement vouées à la mort.

» En présence d'un pareil état de choses, il était vivement à désirer qu'on découvrît un antidote sur l'efficacité duquel le médecin pût compter. C'est dans ce but que j'ai effectué les expériences qui font l'objet de cette Note et d'après lesquelles je me crois fondé à proposer l'essence de térébenthine comme antidote du phosphore.

» Les raisons qui m'ont déterminé à tenter ces expériences sont les suivantes :

» 1° On sait depuis longtemps déjà que l'essence de térébenthine, ainsi que d'autres hydrogènes carbonés, font perdre au phosphore la propriété

d'être lumineux dans l'obscurité, d'émettre des vapeurs, on peut dire, de brûler à basse température.

» 2° M. Lethetby nous a appris récemment que, dans une fabrique anglaise d'allumettes chimiques, à Straffort, on avait mis les ouvriers à l'abri de la nécrose des maxillaires, produite par les vapeurs de phosphore, en leur faisant porter, attaché à la poitrine, un petit vase ouvert renfermant de l'essence de térébenthine dont les émanations se trouvaient facilement à portée de la bouche et des fosses nasales.

» 3° Enfin, plus récemment, M. le Dr Audant a publié (1) l'observation d'une tentative de suicide au moyen des allumettes chimiques, qui a été entravée par l'essence de térébenthine que le malheureux avait ingérée dans le but de hâter sa mort et de la rendre plus certaine.

» Les expériences dont je vais rapporter les résultats sont au nombre de quinze; elles ont été faites par séries parallèles de trois, sur des chiens de moyenne taille et choisis, autant que possible, de même force. La manière d'opérer était la suivante : le n° 1 de chaque série recevait le phosphore seul; au n° 2, on administrait l'essence une ou deux heures après l'ingestion du phosphore; enfin le n° 3 recevait l'essence aussitôt après la prise du toxique. Cinq chiens ont donc pris le phosphore seul, cinq ont reçu l'antidote une et deux heures après le poison, et cinq ont pris l'antidote aussitôt après le poison. Tous ces animaux étaient à jeun, depuis la veille au soir.

» L'administration du phosphore et de l'essence a été faite à l'aide d'une sonde œsophagienne, introduite dans l'estomac par l'ouverture buccale. La dose du phosphore a été portée depuis 0,1 jusqu'à 0,3; une seule fois, il a été donné à l'état de mastic d'allumettes chimiques; pour les autres, il a été dissous dans l'huile d'amandes douces, qui était ensuite émulsionnée à l'aide du jaune d'œuf; la matière toxique était donc dans les conditions les plus favorables à l'absorption et, par conséquent, à l'empoisonnement. L'essence de térébenthine a été employée à la dose de 10 grammes, et émulsionnée au moyen du jaune d'œuf. Ces expériences ont commencé le 13 janvier et ont duré jusqu'au 27 février. Voici les résultats obtenus :

» Les nos 1 de chaque série, c'est-à-dire les chiens soumis à l'action du phosphore seul, sont tous morts.

» Les nos 2, qui ont reçu l'antidote une ou deux heures après l'ingestion du poison, ont éprouvé les mêmes symptômes que les premiers; quelques-uns ont été assez malades, mais un seul a succombé; les quatre autres ont

(1) *Bulletin de Thérapeutique*, septembre 1868, et *Répertoire de Pharmacie*, octobre 1868.

recouvré une santé parfaite et ont été conservés pendant dix et quinze jours après.

» Chez les n°s 3, qui ont reçu l'antidote aussitôt après le poison, un seul a succombé; les quatre autres n'ont éprouvé qu'une très-légère indisposition, qui ne s'est guère traduite que par un peu d'inappétence le premier jour, mais sans perdre leur gaieté et leur vivacité ordinaires. Ils ont été conservés depuis dix jours jusqu'à un mois, sans présenter aucune altération dans leur santé.

» Ainsi tous les sujets qui n'ont pas pris l'antidote ont succombé, tandis que ceux qui ont été soumis à l'action de l'essence n'ont fourni que deux morts sur dix, et cependant l'antidote n'avait été administré à cinq d'entre eux qu'une et deux heures après le poison.

» Cet insuccès s'explique du reste assez facilement : il tient certainement aux conditions de l'expérience. En effet, les deux morts proviennent de la même série qui a été mise en expérience, le 22 janvier, par une température rigoureuse : le froid était assez intense pour congeler rapidement l'eau qui était à la disposition des animaux. Si j'ajoute que, dans cette série, on a employé la plus grande quantité de phosphore, 0,30, sans augmenter la dose de l'antidote, on concevra sans peine que l'action déprimante du phosphore sur les animaux, s'ajoutant à l'intensité du froid, ait pu avoir des suites fatales.

» Comment l'essence de térébenthine peut-elle combattre et annihiler l'action toxique du phosphore? Elle n'agit certainement pas à la manière des antidotes ordinaires, qui ont en général pour effet de former avec le toxique des combinaisons insolubles ou inactives.

» Voici l'explication qui me paraît devoir être donnée : le phosphore tue en empêchant l'hématose du sang qu'il prive de son oxygène (1), rapidement si l'absorption du sang est rapide, lentement si elle est lente. Dans le premier cas, la mort est assez prompte : c'est une véritable asphyxie; dans le second, elle est plus lente, et cause cette dégénérescence graisseuse qui est le résultat du défaut d'hématose et qui fait succomber les individus. L'essence de térébenthine absorbée semble donc empêcher le phosphore de brûler dans le sang, de la même manière qu'elle empêche sa combustion à basse température dans l'air; elle lui enlève la propriété de priver le sang

(1) Le sang devient noir, et j'ai été assez heureux pour y constater la présence du phosphore par le procédé de Mitscherlich.

de l'oxygène qui lui est indispensable; il peut alors être éliminé sans avoir causé de désordre dans l'économie (1). »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Note sur la présence des glucoses dans les sucres bruts et raffinés de betteraves; par* **M. Dubrunfaut.**

« Les méthodes de dosage des glucoses qui ont été prescrites pour la recherche de ces sucres dans les mélanges sont inexactes. En les rectifiant et en les appliquant à l'examen des sucres bruts ou raffinés du commerce, nous sommes arrivé à ce résultat imprévu et inattendu : c'est que la majeure partie des sucres bruts ou raffinés de betteraves, quelle que soit leur provenance, contiennent des proportions notables de glucoses ou autres impuretés analogues perceptibles et dosables à l'aide du réactif cuprique de Frommer, dont l'emploi a été régularisé par M. Barreswil. La proportion de glucoses accusée par ces réactions pour les sucres qui les manifestent oscille approximativement entre 2 et 12 millièmes, ce qui est une proportion considérable pour des sucres blancs en grains ou des raffinés qu'on aurait pu considérer *à priori* comme des produits purs.

» D'anciens sucres raffinés conservés depuis quinze à vingt ans dans notre laboratoire ont offert la même impureté; mais ces sucres avaient subi, sous l'influence du temps, une altération évidente. Un seul produit raffiné a fait exception à cette règle : c'est un sucre de mélasses, extrait en 1850 par M. Grar de Valenciennes à l'aide de la baryte. Il n'a offert que des traces de la réaction glucosique, ce qui constitue un nouveau témoignage en faveur de la pureté des sucres issus du travail barytique.

» Presque tous les sucres bruts ou raffinés qui accusent la présence des glucoses par le réactif cuprique donnent des dissolutions qui sont ou neutres ou acides, mais le plus souvent elles sont acides, ce qui prouve que ces sucres ne proviennent pas des procédés de fabrication connus sous le nom de *travail alcalin*. Cependant nous devons dire que la réaction cuprique est parfois très-énergique dans des solutions de sucre qui sont faiblement alcalines.

» Si l'on considère que le sucre incristallisable n'existait pas il y a vingt ans dans les sucres bruts de betteraves, et que l'apparition de cette impureté dans ces produits coïncide avec l'emploi de l'acide carbonique sous diverses formes, on admettra que les procédés qui, à l'aide de cet agent,

(1) La présence du phosphore a été constatée dans l'urine par M. Carles, que je dois remercier ici du concours qu'il m'apporte dans ces expériences.

permettent de faire des sucres moins colorés et de saveur moins âcre, ne sont pas étrangers aux altérations que nous venons de signaler. On reconnaîtra en outre qu'on a peut-être généralisé trop légèrement ces procédés avant de les avoir bien étudiés dans leurs principes et dans leurs produits. »

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur les effets des sections et des résections nerveuses, relativement à l'état de la sensibilité dans les téguments et le bout périphérique des nerfs.* Deuxième Note de **MM. Arloing** et **L. Tripier**, présentée par M. Claude Bernard.

» On croit aujourd'hui que le bout périphérique d'un nerf rachidien sectionné est insensible; nos expériences prouvent que, dans certaines conditions, le bout périphérique des nerfs de la main et du pied est doué de sensibilité. Reste à faire connaître la valeur physiologique de cette sensibilité.

» Il est évident que ce n'est pas de la sensibilité directe, car nous avons pris toutes les précautions désirables pour que les irritations ne fussent pas transmises *directement* du point irrité aux centres nerveux.

» Faut-il voir là un phénomène de sensibilité récurrente? Pour résoudre cette question, nous avons institué l'expérience suivante : Sur la face dorsale de la patte d'un chien adulte, dans le deuxième espace interosseux, on résèque 2 centimètres environ de la branche moyenne du radial. La sensibilité ne disparaît pas sur les faces correspondantes des doigts médius et annulaire. — Vingt-cinq jours après cette résection, on ouvre la plaie : les deux bouts du nerf sont réunis par un cordon fibreux, blanc, que l'on sectionne sans produire de douleur. En se reportant près de l'extrémité inférieure de la plaie, on trouve le bout périphérique qui est manifestement sensible. — On en résèque une portion et l'examen microscopique montre qu'elle contient un certain nombre de tubes nerveux intacts. — Vingt et un jours après, on sacrifie l'animal; le bout périphérique de cette même branche est placé successivement dans l'alcool et l'acide chromique, ce qui permet de faire des coupes perpendiculaires, sur lesquelles on voit encore plusieurs tubes intacts, disséminés çà et là au milieu de tubes dégénérés.

» Ce résultat à la fois anatomique et physiologique prouve bien que la sensibilité du bout périphérique tient à l'irritation de fibres provenant des nerfs voisins encore en communication avec les centres nerveux (centres trophiques et perceptifs).

» Le bout périphérique du médian et du cubital, examinés dans les mêmes conditions, nous a permis de constater également l'existence de fibres intactes. D'où nous pouvons conclure que la théorie de la sensibilité récurrente s'applique bien à nos faits de persistance de la sensibilité dans le bout périphérique des nerfs.

» A quelle hauteur les fibres récurrentes se réfléchissent-elles? Si quelques-unes opèrent leur retour le long de la partie moyenne des troncs nerveux, elles doivent être bien peu nombreuses, car nous avons sectionné le radial en bas et en haut de l'avant-bras, et l'irritation du bout supérieur du segment ainsi limité n'a pas produit de douleur. Supposant alors que ce retour devait s'opérer surtout à la périphérie, nous avons reporté nos expériences au niveau des doigts : un collatéral étant isolé, à son origine et à sa terminaison des autres nerfs du doigt, on a trouvé son bout supérieur sensible; ce qui démontre qu'il était en communication avec les nerfs voisins par des fibres récurrentes, à des hauteurs diverses au-dessus du bourrelet. Il en a été de même, dans une seconde expérience, où un collatéral ne communiquait avec les autres nerfs que par le bourrelet. Du reste, ce retour par la périphérie est encore mis directement en évidence par cet autre fait : la sensibilité du bout périphérique des nerfs collatéraux d'un doigt persiste tant qu'un de ces nerfs reste intact, et disparaît instantanément après la section de ce dernier.

» Il nous a été impossible de délimiter la partie de la peau qui serait, au point de vue fonctionnel, exclusivement sous la dépendance de tel ou tel nerf; ce qui est en désaccord avec les opinions professées, jusqu'à ce jour, sur l'indépendance d'action des fibres nerveuses. Dans l'hypothèse de cette indépendance, la section d'un seul nerf collatéral devrait paralyser le quart de la peau du doigt; la section de deux nerfs collatéraux devrait en paralyser la moitié, etc. Or, voici ce que nous avons observé : la section d'un nerf collatéral ne produit aucun changement; la section de deux collatéraux modifie à peine la sensibilité; la section de trois collatéraux amène une atténuation un peu plus marquée de la sensibilité; enfin la section des quatre nerfs entraîne la paralysie absolue des téguments du doigt.

» On ne peut nous objecter qu'après la section de deux ou de trois nerfs collatéraux, la sensibilité est entretenue par des filets anastomotiques directs rejoignant les nerfs au-dessous des sections, puisque la destruction du dernier collatéral l'abolit complétement.

» Nous devons dire, toutefois, qu'après la section de certains nerfs, il

nous est arrivé de ne pas trouver immédiatement de la sensibilité dans les téguments correspondants. Néanmoins, la sensibilité n'avait pas été anéantie, car elle revenait au bout d'un temps variable avec les sujets, toujours trop court pour qu'il fût permis de croire à une régénération.

» A la rigueur, un seul nerf collatéral suffit donc pour donner la sensibilité à tous les téguments d'un doigt; cette sensibilité étant d'autant plus vive qu'on se rapproche davantage du collatéral intact. Ce fait établi, si l'on se reporte à la distribution des nerfs dans la main du chien, on comprendra parfaitement pourquoi la sensibilité ne se modifie pas, ou s'atténue d'une façon variable, ou même disparaît dans tel ou tel doigt, suivant que les sections isolées ou combinées des troncs nerveux privent tel ou tel doigt d'un, de deux, de trois ou de ses quatre nerfs collatéraux. Chez le chien, aucun doigt ne reçoit ses quatre nerfs du même tronc nerveux; aussi la section isolée du médian, du radial et du cubital n'en paralyse-t-elle aucun. Si la section combinée du radial et du cubital paralyse le petit doigt, c'est parce que ce dernier se trouve privé de tous ses nerfs collatéraux. Enfin, si la section du médian et du cubital, ou celle du médian et du radial n'occasionne la paralysie d'aucun doigt, c'est qu'il reste toujours dans chaque doigt au moins un ou deux nerfs collatéraux, fournis dans le premier cas par le radial, dans le second cas par le cubital.

» Cette persistance de la sensibilité dans les téguments d'un doigt, dont trois nerfs collatéraux sont coupés, fait donc supposer qu'au voisinage de la peau ou dans son épaisseur, les fibres nerveuses (sensibles) se ramifient, s'entre-croisent, s'anastomosent, forment un réseau qui met en relation les différents nerfs qui s'y rendent. Un grand nombre de ces fibres restent dans le réseau, tandis que d'autres deviennent récurrentes. Quant à ces fibres récurrentes, nous pensons qu'elles remontent plus ou moins haut dans les branches ou les troncs nerveux de la patte, ce qui permettrait de comprendre pourquoi le bout périphérique des troncs est insensible au-dessus du coude, et pourquoi le bout périphérique d'une branche du radial et du cubital n'est sensible que lorsque le tronc de ces nerfs est intact. De plus, cette hypothèse concorderait parfaitement avec les résultats de nos examens histologiques; en effet, après dix sections faites au-dessus du coude, nous avons trouvé peu de fibres dégénérées dans le bout supérieur, comparativement au nombre des fibres saines qui persistaient encore au niveau de la partie moyenne de l'avant-bras.

» En généralisant ces résultats, nous arrivons aux conclusions suivantes :

» 1° Les fibres nerveuses (sensibles) ne sont pas fonctionnellement tout à fait indépendantes, ainsi qu'on l'a crû jusqu'à ce jour;

» 2° La dépendance réciproque des nerfs sensitifs d'une région tient à ce que, après la section de l'un d'eux, le bout périphérique possède la sensibilité récurrente, comme la racine antérieure des nerfs rachidiens;

» 3° L'existence d'un réseau nerveux cutané se trouve démontrée physiologiquement par les conditions dans lesquelles se révèle cette sensibilité récurrente.

» 5° D'après cela, on doit modifier la thérapeutique de quelques affections nerveuses, comme nous l'avons fait pressentir dans notre première Note, et comme nous nous proposons de l'exposer prochainement. »

GÉOLOGIE. — *Récit d'une exploration géologique de la vallée de la Sègre (Catalogne).* Note de **M. A. Leymerie**, présentée par M. de Verneuil. (Extrait par l'auteur.)

« La vallée de la Sègre prend naissance au pied d'un cirque en grande partie granitique, couronné par le col de la Perche et le plateau de Mont-Louis. Elle commence par un bassin allongé (la Cerdagne), dirigé du nord-est au sud-ouest, ayant environ cinq lieues de longueur, et offrant cette singularité remarquable d'être la partie la plus fertile, la plus peuplée et la plus civilisée, malgré son altitude de 1140 mètres. On sait que dans les vallées, en général, ces avantages appartiennent aux régions inférieures.

» La vallée proprement dite qui succède à ce bassin consiste au contraire en une gorge aride et sauvage, longue de 20 lieues jusqu'à Oliana où elle sort des hautes montagnes, interrompue çà et là par quelques évasements, dont un seul, où est située Urgel, mérite le nom de bassin.

» Il y a trois sections principales à distinguer dans la vallée de la Sègre, considérée comme vallée de montagne, savoir : le bassin de Cerdagne, dont le chef-lieu est Puycerda, une section oblique (direction sud-ouest) de la vallée proprement dite, comprise entre Isobol et Urgel, et une section inférieure ou méridienne qui se termine à Oliana.

» Ces divisions géographiques correspondent à des coupures géognostiques. Ainsi, la partie oblique de la vallée, y compris la Cerdagne, est entièrement composée de terrains paléozoïques, tandis que la section méridienne n'offre que des étages secondaires.

» Le bassin de la Cerdagne est évidemment le fond d'un ancien lac qui a laissé, en s'écoulant, un dépôt que j'ai particulièrement étudié. On voit

encore ce dépôt affleurer tout autour, sous forme d'un bourrelet rutilant, et des circonstances favorables permettent même de reconnaître, à sa base, des couches argilo-sableuses d'une teinte beaucoup plus claire, où l'on a trouvé en plusieurs points du lignite qui, à Sanavastre, est l'objet d'une exploitation assez importante.

» Les roches qui forment l'enceinte de cette plaine sont des schistes argileux assez brillants et même mâclifères au voisinage du granite, et d'un gris cendré, un peu terreux, dans la plus grande partie de l'enceinte. Ce système schisteux, sans fossiles, et absolument dépourvu de calcaire, s'incline au nord comme s'il allait buter contre le granite du massif de Mont-Louis. Nous le rapportons à l'étage silurien (1).

» La première section de la vallée proprement dite se distingue du terrain précédent par la présence du calcaire. On y rencontre fréquemment des schistes et des calschistes vivement colorés, plongeant en masse par renversement, sous les schistes du bassin. Je crois donc qu'ici c'est l'étage devonien qui domine.

» Nous signalerons dans cette section deux particularités. D'abord l'intercalation du granite, qui, au sud du Martinet, traverse ce système deux fois ou en deux masses peu distantes, dont l'une semble avoir déterminé la sortie d'une source thermale sulfureuse à Saint-Vincent. La seconde particularité consiste dans la présence, non loin et en amont d'Urgel, d'une assise de calcaire noirâtre ou bleuâtre à orthocères, qui offre tous les caractères de l'étage supérieur du système silurien, bien qu'elle soit évidemment superposée à un massif de schiste devonien, et qu'elle soit précédée en amont par d'autres assises également devoniennes.

» La grande formation paléozoïque, dont il vient d'être question, qui, jusqu'à Urgel, affectait en masse une inclinaison septentrionale, prend, un peu plus bas, une allure inverse, et se termine enfin par un placage de terrain houiller, signalé pour la première fois par M. Noblemaire, et qui n'est que la dernière trace d'une bande qui, à *Saint-Juan-de-las-Abedesas*, beaucoup plus à l'est, est assez riche pour être régulièrement exploitée.

» Nous avons dit que la vallée prenait, au delà d'Urgel, une direction méridienne. C'est après le village du Pla que ce changement a lieu, et là aussi commence la section secondaire qui se compose de deux séries en quelque sorte complémentaires, l'une *normale*, l'autre *renversée*.

---

(1) C'est dans ce granite, tout près de la limite des schistes, que sourdent les eaux thermales sulfureuses des *Escaldas*.

» La première, la série normale, dont la stratification se conforme à la déclivité du versant espagnol, offre d'abord le trias représenté par des poudingues et des argilolites rouges sous-jacents à une assise gypsifère de couleur jaunâtre, le tout plongeant régulièrement au sud sous des calcaires et dolomies qui représentent le lias, particulièrement les étages *cymbien* et *toarcien* accusés par des fossiles caractéristiques, les mêmes qui existent, dans une position analogue, dans l'Ariége.

» Vient ensuite un immense massif calcaire, dépendant de la montagne de Cadix, où nous n'avons trouvé que de rares fossiles, notamment la *Terebratula Sella*. Des coupures verticales d'une hauteur effrayante, laissant entre elles un espace à peine suffisant pour le passage de la Sègre, y constituent les gorges d'*Organya*, qui dépassent beaucoup en hardiesse et par leur aspect sauvage celles de *Pierrelis* et de *Saint-Georges* qui leur correspondent dans la vallée de l'Aude. Le bassin de *Quillan*, intercalé dans le calcaire à dicérates dans cette vallée française vers la limite de l'étage, trouve ici son analogue dans le bassin d'*Organya*, qui est absolument dans la même position, et dont les couches marneuses renferment également des fossiles aptiens, comme l'*Exogyra aquila*, la *Caprina Verneuilli*, la *Lima Coltaldina*, que M. de Verneuil a recueillis dans leur prolongement.

» Cet énorme étage, superposé au lias et partageant le sens normal de son inclinaison, représente ici le *grès vert pyrénéen;* l'aptien et l'urgonien y alternent comme dans les Pyrénées françaises.

» En débouchant de cette gorge, au lieu de la craie que je devais m'attendre à y trouver, j'ai vu s'étaler devant moi un horizon rutilant, qui me rappelait l'aspect du garumnien lacustre qui joue un si grand rôle dans les Corbières, d'où il s'étend par le Languedoc jusqu'en Provence.

» C'était bien en effet l'étage garumnien, avec cette curieuse circonstance qu'il se montrait là au sein des hautes montagnes, butant contre le grès vert et sans aucune relation avec le calcaire à nummulites, dont nous n'avons pas rencontré la moindre trace dans notre voyage, et que le facies lacustre s'y trouvait réuni au facies marin. En effet, les couches inférieures de cet étage consistaient en des dalles à lignites contenant des cyrènes, avec *Ostrea Verneuilli*, espèce éminemment garumnienne.

» Cet étage d'ailleurs affectait une inclinaison septentrionale contraire à celle du système d'Organya, et, par-dessous, passait, en stratification parfaitement concordante, un calcaire à rhynconelles, contenant l'*Ostrea larva*. Sous cet horizon fossilifère, ces calcaires dépourvus de fossiles prennent un immense développement, et c'est à travers leurs couches que s'ouvre

une nouvelle et longue gorge qui nous a offert, lorsque nous étions prés d'en sortir, un banc d'hippurites turoniennes qui passait sous le précédent massif (sénonien). Ce banc lui-méme se trouvait presque directement superposé à des calcaires noirs dolomitiques, et à une assise marneuse contenant la *Gryphea sublobata*, la *Rhync. cynocephala* et d'autres espèces du lias supérieur, les mêmes que nous avions trouvées dans la série normale.

» Ce système renversé se termine par un grand étage commençant par des schistes, argiles et calcaires gypsifères, et par une masse considérable de conglomérats et de grès, le tout plongeant franchement sous le lias. Ce ne pouvait être que le trias.

» Après avoir traversé ce dernier élément de la série renversée dans une dernière gorge aride et sauvage comme les précédentes, on entre dans le bassin d'Oliana, et l'on sort décidément des hautes montagnes, car on n'a plus devant soi, au sud, qu'une région mamelonnée. C'est là que se montre et se développe le terrain tertiaire éocène, composé de grès, d'argiles bariolées et de poudingues, qui nous ont rappelé le grès de Carcassonne. Ce nouveau système, très-distinct de celui que nous venons de quitter, par ses formes, par sa composition, etc., en diffère encore par l'inclinaison qui porte les couches vers le sud, en sens contraire de la série renversée. Cette inclinaison est souvent assez faible et même presque nulle en certains points, et permet ainsi au terrain dont il s'agit de s'étaler au loin jusqu'aux plaines de l'Èbre, dont le sol fondamental est un dépôt lacustre de l'époque miocène.

» *Nota.* — Tous les faits que je viens de résumer se trouvent figurés dans une coupe générale de la vallée de la Sègre, et dans quelques diagrammes particuliers qui accompagnent mon Mémoire. »

PALÉONTOLOGIE. — *Essai d'une classification des cavernes et des stations sous abri, fondée sur les produits de l'industrie humaine; par* **M. C. de Mortillet.**

« Le nombre des cavernes et des stations sous abri ayant fourni des restes de l'industrie humaine augmente tous les jours. On en connaît maintenant une centaine, parfaitement constatées, rien que pour ce qui concerne la période de la pierre simplement taillée par éclat.

» Les personnes qui se sont adonnées à l'étude des cavernes reconnaissent qu'elles ne sont pas toutes du même âge, mais on n'a pu encore

en dresser le tableau chronologique ; cela tient à ce que l'on a uniquement cherché les bases d'une classification dans les données paléontologiques. Pendant la période quaternaire, qui est celle de la pierre taillée par éclat, la forme a pu varier, ce qui fait qu'elle ne fournit pas de données assez tranchées pour faire des coupes bien claires et bien nettes. Il n'en est point de même des produits de l'industrie. Ces produits se sont profondément modifiés, à plusieurs reprises et d'une manière générale : c'est donc sur eux que j'ai essayé de fonder une classification chronologique et méthodique des cavernes et stations sous abri.

» Ce qui frappe d'abord, c'est la grande prépondérance des instruments en silex dans les stations possédant la forme la plus ancienne, et, au contraire, l'abondance des instruments en os dans les stations les plus récentes. De là, deux grandes divisions qui peuvent encore se subdiviser chacune en deux. D'après le procédé employé en géologie, je donne à ces subdivisions le nom de la localité la plus connue et la plus typique.

» 1° *Époque du Moustiers*, caractérisée par la hache taillée en amande ou *langue de chat*, comme disent les ouvriers de la Somme, et par des pointes en silex à face lisse d'un côté, finement entaillée de l'autre. Les instruments en os font presque défaut.

» La grotte du Moustiers est située dans la commune de Peyzac (Dordogne). Se rapportent à la même époque : la grotte de Pey-de-l'Azé, commune de la Caneda (Dordogne); celles de la Martinière, commune de Charroux, et de l'Ermitage, commune de Lussac-les-Châteaux (Vienne); la station de Chez-Pouré, commune de Brive (Corrèze). Les alluvions quaternaires de la vallée de la Somme et celles de la vallée de la Seine se rapportent aussi à cette époque, ainsi que le remarquable gisement de Cœnove (Aisne). Dans les grottes citées, on a trouvé toute la faune quaternaire, et dans les alluvions quaternaires les deux types caractéristiques du Moustiers.

2° *Époque de Solutré*. Les haches en amande ont disparu. Les pointes de silex, par contre, se sont grandement perfectionnées; elles sont finement entaillées sur les deux faces et aux deux extrémités. Ce sont elles qui caractérisent l'industrie de cette époque. L'arme est un casse-tête anguleux qui se retrouve à l'époque suivante. Les simples lames sont rares, ainsi que les instruments en os.

» Solutré est une station au pied d'un magnifique escarpement, dans Saône-et-Loire. C'est à cette époque qu'appartiennent les gisements de Laugerie-Haute, commune de Tayac (Dordogne), et de Pont-à-Lesse (Belgique).

» 3° *Époque d'Aurignac.* Le nombre des instruments en os s'accroît considérablement. Le casse-tête anguleux existe toujours, mais les pointes de traits et de lance, au lieu d'être en silex, sont en os ou bois de renne ; leur caractère essentiel est d'être fendues à la base, de manière que c'est la hampe taillée en biseau qui entre dans la pointe. La faune quaternaire est encore largement représentée.

» La localité classique est la sépulture d'Aurignac (Haute-Garonne). On peut citer aussi : Gorge-d'Enfer et le Cro-Magnon, commune de Tayac (Dordogne); Châtel-Perron (Allier); la grotte de la Chaise, commune de Vouthon (Charente).

» 4° *Époque de la Madeleine*, commune de Turzac (Dordogne), caractérisée par ses pointes de traits ou de lance en os et bois de renne, extrémité inférieure en pointe ou en biseau, entrant dans la hampe. Nombreux produits artistiques : gravures et sculptures d'animaux. Disparition d'animaux d'espèces éteintes, grand développement des animaux d'espèces actuellement émigrées dans les régions froides, surtout du renne.

» C'est à cette époque qu'appartienneut les fameux gisements des Eyzies et de Laugerie-Basse, commune de Tayac (Dordogne); de Bruniquel (Tarn-et-Garonne); de Massat (Ariége); du Salève, commune de Bossay (Haute-Saône); de Furfooz (Belgique); de Schussenried (Wurtemberg); etc.

» Vient ensuite la période de la pierre polie. »

M. de Cigalla adresse de Santorin quelques détails relatifs au volcan des îles Cammènes, qui commence sa troisième année d'existence : le volcan émet toujours des flammes ; il continue à lancer, avec détonations, des cendres, des pierres incandescentes : il émet une énorme quantité de vapeur aqueuse et de gaz sulfhydrique et chlorhydrique. Les variations de niveau du terrain continuent également à se produire : les huit îlots formés entre *Aphroessa* et *Palœa-Cammène* se sont réduits à trois, les autres ne formant plus que des récifs.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 6 heures un quart. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 1er mars 1869, les ouvrages dont les titres suivent :

Analyse infinitésimale des courbes tracées sur une surface quelconque; par M. l'abbé Aoust. Paris, 1869; in-8°.

Revue de géologie pour les années 1866 *et* 1867; *par* MM. Delesse *et* de Lapparent, VI. Paris, 1869; in-8°.

Société de géographie. Liste des Membres au 31 *décembre* 1868. Paris, 1869; br. in-8°.

Quarante-septième anniversaire de la fondation de la Société de géographie. Paris, 1869; br. in-8°.

Densité, salure, et courants de l'océan Atlantique; par M. B. Savy. Paris, 1869; in-8°. (Extrait des *Annales hydrographiques*, 1868.)

Traité de la lithothlibie, nouvelle méthode d'écrasement des calculs vésicaux; par M. J.-J. Denamiel. Paris, 1868; in-8°. (Adressé par l'auteur au concours des prix de Médecine et Chirurgie, 1869.)

Sur l'emploi des combustibles inférieurs dans la métallurgie du fer, et spécialement sur le four à sciure de bois de M. F. Lundin; par M. Vicaire. Saint-Étienne, 1868; in-8°.

Des plaies d'armes à feu par le fusil Chassepot; par M. Sonrier. Paris, sans date; opuscule in-8°. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

Société impériale d'Agriculture, Histoire naturelle naturelle et Arts utiles de Lyon. — Comptes rendus des séances, 4e série, t, Ier, n° 7. Lyon et Paris, 1869; br. in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Reims, t. VI, n° 29, novembre et décembre 1868. Reims et Paris, 1868; in-8°.

Report... *Rapports annuels des Commissaires des patentes pour les années* 1865 *et* 1866. Washington, 1867; 6 vol. in-8° reliés.

(*La suite du* Bulletin *au prochain numéro.*)